

Mobilität – mehr als ein Klimathema

- **Mobilitätsdynamik zwischen Kapitalverwertungsstrategien der Autoindustrie und globalen Mobilitätstrends**
- **Was macht den individuellen Reiz und den Nutzen der individuellen Mobilität aus?**
- **Welche gesellschaftlichen Nachteile gehen mit der individuellen Mobilität einher?**
- **Was macht die individuelle Attraktivität und den individuellen Nutzen der kollektiven Mobilität aus, mit welchen Nachteilen wird der Benutzer konfrontiert?**
- **Welche gesellschaftlichen Nachteile sind mit der kollektiven Mobilität verbunden?**
- **Ist der flächendeckende Ersatz der individuellen Mobilität durch ÖPNV und „Flächenbahn“ klimapolitisch sinnvoll?**
- **Strukturelle Grenzen des Ausbaus der kollektiven Mobilität oder warum nur 9 der hundert größten Bahnhöfe nach 1918 gebaut wurden?**
- **Warum die individuelle E-Mobilität eine Zukunftstechnologie und keine Durchgangstechnologie ist**
- **Warum erneuerbare Energiequellen die Voraussetzung der emissionsfreien Mobilität sind und welche politischen Konsequenzen das hat?**
- **Strategische Konsequenzen für die Entwicklung von Mobilitätskonzepten, die Mobilitätsinteressen und Klimaziele zusammenbringen**
- **Anhänge 1-3**

Vorbemerkung:

Wie allen aktuellen Studien und Papiere zur Klimapolitik und zur Zukunft der Mobilität, insbesondere der individuellen Automobilität und der schienenengebundenen kollektiven Mobilität, liegen unserem Papier spezifische Interessen und Fragestellungen zugrunde. Eine zentrale Leitfrage ist für uns, wie der Verkehrs- und Mobilitätssektor – der bislang quantitativ keinen Beitrag zur CO₂ Emissionsminderung leistete – am wirkungsvollsten und schnellsten seine Beiträge zur Erreichung der Pariser Klimaziele erreichen kann ohne wesentliche, gesellschaftlich wertgeschätzte Mobilitätsstandards aufzugeben. Dabei sparen wir den Flugverkehr ebenso wie den Radverkehr aus. Uns treiben dabei gleichermaßen die Fragen um, wie nachhaltige kommunale wie bundespolitische Mobilitätskonzepte zu konzipieren sind, welche technologischen und ökonomischen Entwicklungen dabei zu berücksichtigen sind. Und ebenso die Frage, in welche Richtungen eine nachhaltige Transformation der Auto- wie der Schienenindustrie und ihrer Zulieferindustrien auszusehen hat. Dabei sind für uns die Bewertung der Gebrauchswerte von unterschiedlichen Mobilitätsformen ebenso von Bedeutung wie ihre klimapolitischen Wirkungen. Strategische Zukunftsentscheidungen in diesem Sektor sind mit ungeheuren Ausgaben für Forschung & Entwicklung, Infrastruktur und neue Technologien verbunden und hohen Risiken von Fehlinvestitionen – in deren Perspektive das Mautdesaster wirklich als Peanuts-Problem erscheint. In der Autoindustrie geht es dabei im Kern erstens um die Antriebstechnologie zwischen Verbrenner, Batterie und Wasserstoff sowie zweitens um die Zukunft des autonomen Fahrens und der jeweilig inbegriffenen Infrastrukturen. Beim schienenengebundenen Verkehr sind die technologischen Antriebsfragen geklärt. Hier geht es um die sinnvollsten Ausbauprojekte, ihren Nutzen und Kosten sowie klimapolitischen Implikationen. Beide Themen sind eng mit drastisch erhöhten Stromverbräuchen verbunden und daher der Frage, wie die Produktion und Verteilung erneuerbarer Energien organisiert und finanziert wird. Unser Ziel ist gegenüber einigen eingeschliffenen Argumentations- und Denkmustern durchaus provokativ angelegt. Unser Material soll anregen, die anstehenden Entscheidungen in ihrer Komplexität wahrzunehmen, den Blick für die hohe technologische und ökonomische Dynamik zu öffnen und sich nicht in zu kleinteiligen Konzepten zu verzetteln.

1. Mobilitätsdynamik zwischen Kapitalverwertungsstrategien der Autoindustrie und globalen Mobilitätstrends

Beginnen wir mit einem gängigen „Narrativ“: Die mächtige Autoindustrie und ihre politische Lobby haben in den letzten Jahrzehnten den motorisierten Individualverkehr als dominierende Mobilitätsform gegenüber dem öffentlichen Nah- und Fernverkehr durchgesetzt – sowohl im Personen- wie Güterverkehr. Dieser Automacht wurden Städte, Landschaften, Natur geopfert. Dies Narrativ lässt sich mit einer Unmenge von Daten und Fakten belegen, mit Subventionierungszahlen, steuerlichen Privilegien.

Gleichwohl lässt sich aber ein Fakt nicht aus der Welt schaffen: In allen Gesellschaften haben sich global die gleichen Trends seit den 50er Jahren durchgesetzt, völlig unabhängig von der Existenz einer Autoindustrie und –lobby in diesen Gesellschaften.¹ Dieser Fakt steht dem auf den ersten Blick so evidenten Narrativ gegenüber.

Unser erster methodischer Vorschlag ist deshalb eine Differenzierung von Produktivkraftentwicklung und Produktionsverhältnissen, mithin von technologischen und gesellschaftlichen Entwicklungen der Mobilität und der zweite methodische Vorschlag ist die Differenzierung der Mobilität unter Gebrauchswertaspekten und unter kapitalistischen Tauschwertaspekten.

Die Ablösung der kollektiven Mobilität des 19. und frühen 20. Jahrhunderts (der schienengebundenen kollektiven Verkehre)² durch den motorisierten individuellen Verkehr (MIV) betrachten wir insofern zunächst unter Ausklammerung aller gesellschafts-, markt- und machtpolitischen Aspekte.

Die globale Ausweitung der MIV ist u.E. eng mit der technologisch bedingten Ausweitung und Ausdifferenzierung der regionalen wie globalen Arbeitsteilung und den damit eng vernetzten nachfolgenden globalen Trends verbunden:

1. Der Trennung von Arbeit – Wohnen – Freizeit. Dieser Trennung einstmals im Handwerk und in der Landwirtschaft vereinter Lebensbereiche liegen die großen Trends der Produktivkraftentwicklung zugrunde: Vertiefte räumliche wie sektorale Arbeitsteilung, Ausdifferenzierung von Berufen und Qualifikationen, Bevölkerungs- und Wohnentwicklung, Ausweitung der freien gegenüber der Arbeitszeit, Differenzierung der Freizeitformen (Sport, Kultur, Reisen). Aus diesen Trends begründen sich die hohen Steigerungen der Pendler- wie der Freizeitmobilität.
2. Familiendifferenzierung (Persönliche Netzwerke).
Mit Dominanzverlust von Handwerk und Landwirtschaft ging auch die Dominanz von Großfamilien als Einheit von Produktions- und Lebensgemeinschaften verloren. Die verstärkte Erwerbstätigkeit von Frauen verstärkt die Trennung von Arbeit und Wohnen – familiär gedacht ist ein Zusammenrücken von Arbeit und Wohnen immer nur für eine Person möglich – sofern nicht beide in einer Firma oder im Home-Office arbeiten. Durch höhere Qualifizierungsstandards (insbesondere Studium) und ausdifferenzierte räumliche Arbeits- und Berufsmärkte verteilen sich Familien – bzw. die engen Freundesnetzwerke – räumlich weiter (innerhalb wie zwischen den Generationen). Und differenziertere, wie zentralisiertere Bildungs- (Schulen, Hochschulen etc.) und Freizeitangebote erweitern zusätzlich die Mobilitätsanforderungen.

1 So exemplarisch Winfried Wolf, Eisenbahn und Autowahn, Hamburg 1987, der nur den „erzwungenen Niedergang“ der Eisenbahn kennt.

2 Wolfgang Schivelbusch, Geschichte der Eisenbahnreise. Zur Industrialisierung von Zeit und Raum im 19. Jahrhundert, Frankfurt 1989, beschreibt eindrucksvoll wie Waren mit dem Schienenverkehr heimatlos werden und: „auf der einen Seite schließt die Bahn neue Räume auf, die bisher nicht verfügbar waren, auf der anderen Seite geschieht dies, in dem Raum vernichtet wird, nämlich der Raum dazwischen. Dieser Zwischenraum... verschwindet im Eisenbahntransport.“(S.39);

3. **Erweiterte ökonomische Mobilitätsbedürfnisse**
Über die Pendlermobilität hinaus können drei wichtige Bereiche identifiziert werden, aus denen wachsende Nah- und Fernverkehre resultieren:
 - 3.1. Innerhalb der Unternehmen nehmen kaufmännische und industrielle Sektoren zu, die mit Reisetätigkeiten verbunden sind: Einkauf und Vertrieb; Inbetriebnahme- und Montage von Maschinen und Anlagen sowie Reparatur- und Servicetätigkeiten.
 - 3.2. Handwerker- und Logistikverkehre führen zu wachsenden lokalen/regionalen Verkehren und
 - 3.3. die Globalisierung von Wertschöpfungsketten lässt nationale wie globale Güterverkehre wachsen.

4. **Ausweitung der freien Zeit gegenüber der Arbeitszeit**
Die Produktivitätssteigerungen haben die jährlichen durchschnittlichen Arbeitszeiten deutlich sinken lassen zugunsten der freien Zeit. Sport, Kultur und Tourismus als wesentliche Freizeittätigkeiten sind mit deutlich gesteigerten Mobilitätsanforderungen verbunden.
Selbst wenn alle politisch einseitigen Begünstigungen für den MIV beseitigt werden, bleiben viele individuelle Vorteile des motorisierten Individualverkehrs gegenüber dem kollektiven schienengebundenen Verkehr.³

Es sind vor allem die immens gestiegenen Mobilitätsanforderungen und –bedürfnisse entwickelter Gesellschaften, gepaart mit dem großen Angebot kostengünstig produzierter Auto-Mobile, die eine anhaltend große Automobilnachfrage generieren. Es wäre ein großer Irrtum, diese Nachfrage als „künstlich“ geschaffene zu begreifen und die globale Infrastruktur für diese individuelle Mobilität nur als Resultat der Macht globaler Autokonzerne zu betrachten. Die globale Mobilitätsnachfrage – die den genannten globalen Trends folgt – wird von den Autokonzernen gemäß ihrem Kapitalverwertungsinteresse befriedigt. Der außerordentlich hohe Anteil an investierten Kapital (von Maschinen bis humanen Qualifikationen) drängt natürlich die Autoindustrie zu Strategien, die Märkte und Kapitalprofite schützen. Die Eigentümer dieser Autokonzerne hingegen (Familien wie Peugeot, Piech/Porsche, Ford, Agnelli sowie den institutionellen Aktionären) können mit ihrem Kapital bequem in neue Zukunfts- Anlagebranchen wechseln.

Technologische Entwicklungen einerseits und die Folgen der individuellen Massenmotorisierung (wie Stau, Emissionen) und regulative Restriktionen andererseits haben in einzelnen Sektoren der individuellen motorisierten Mobilität Grenzen gesetzt und Alternativen attraktiv werden lassen:

1. Radverkehre und Öffentliche Verkehrsnetze im urbanen Raum können relevante Nahverkehre für individuelle Pendler- und Freizeitmobilität ersetzen.
2. Schnelle Fernverkehrszüge und Flugzeuge haben einen relevanten Anteil MIV aus den Berufs- und Tourismusfernverkehren verdrängt.

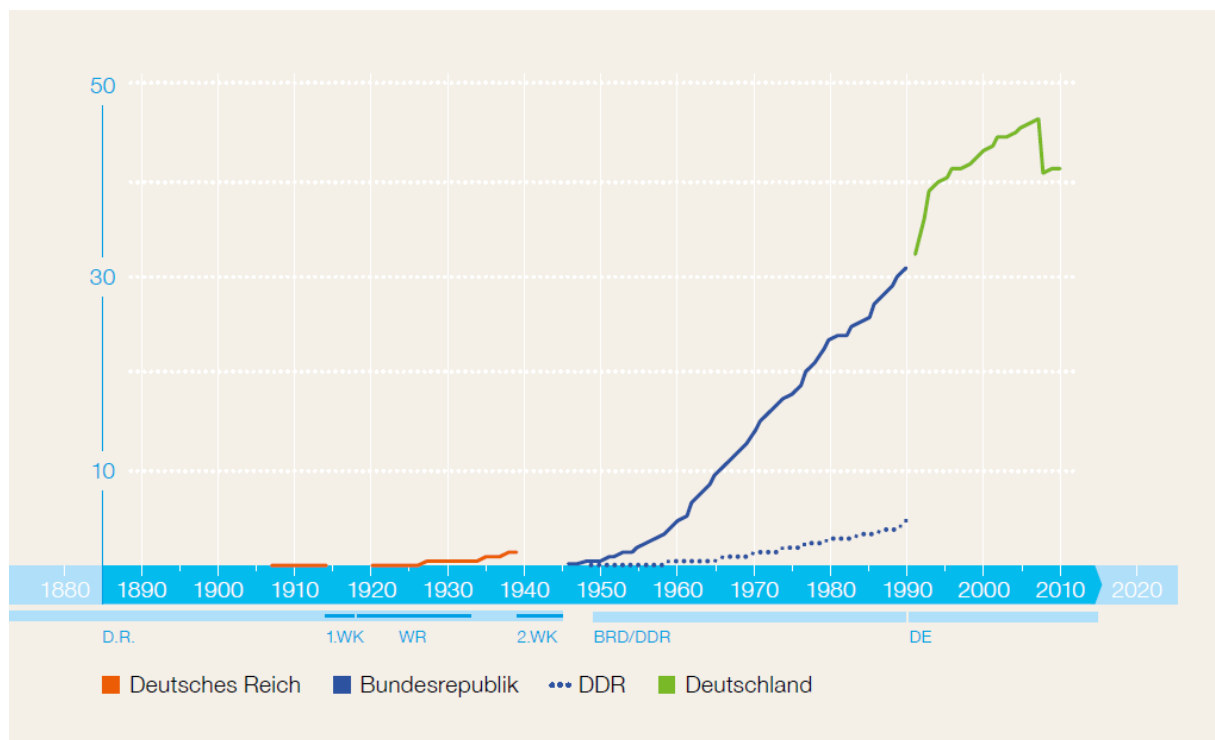
Aber beide Trends haben bislang keine so nachhaltigen Verkehrswenden zugunsten Rad und Schiene verursacht, die den klimapolitischen Ziele (deutlich verringerte Emissionen) im Verkehrssektor eine Realisierungschance geben. Der technologisch begründete Trend zu

³ Annie Ernaux, Die Jahre, Berlin 2017; beschreibt eindrucksvoll die Emanzipationen des beschränkten Lebens durch das Automobil und dessen Metamorphosen in den einzelnen Lebensphasen: 50er Jahre: „Das Leben der meisten Menschen spielte sich in einem Umkreis von fünfzig Kilometern ab.... Die Fremde begann in der nächstgrößeren Stadt. Der Rest der Welt war unwirklich.“(S.37); Die Vorstellung „von der fernen Zukunft...:Sie arbeitet als Lehrerin...sie besitzt ein Auto, das wichtigste Zeichen der Emanzipation, eines Citroen 2 CV oder Renault 4 CV, sie ist frei und unabhängig.“(S.67) „Das begehrteste und zugleich teuerste Ding war ein Auto, Synonym für Freiheit und die vollkommene Beherrschung des Raums und damit auch der Welt“.(S.70), auch 131/132 das Auto als Mittler zwischen Vorstädten und Paris.

verstärkter mobiler Arbeit selbst (Home-Office) – so zumindest erkennbar in der Pandemie Krise – beinhaltet ein neues Potential zur Verringerung der Pendlermobilität, einem der quantitativ bedeutendsten Verkehre. Insgesamt indes hat kein Sektor die klimapolitischen Ziele so deutlich verfehlt wie der Mobilitätssektor.

Deshalb ist unsere **erste These**: Die Verlagerungsstrategie in Richtung Radverkehr und Öffentliche Verkehrsnetze haben noch deutliche Entwicklungspotentiale in den urbanen Metropolen. Aber angesichts der genannten starken globalen Trends zu individueller Mobilität können klimapolitische Ziele nur erreicht werden, wenn die individuellen automobilen Verkehre emissionsfrei gestaltet werden.

► Abb 3 Personenkraftwagen (Pkw) – in Millionen



2. Was macht den individuellen Reiz und den Nutzen der individuellen Mobilität aus?

Unsere Gesellschaften durchzieht eine immense Kluft zwischen der negativen gesellschaftlichen Bewertung der individuellen Mobilität und der nach wie vor ungebrochenen Nachfrage nach Autos – eine hohe Differenz zwischen dem ökonomischen und kommunikativen Markt. Diese Differenz erklärt sich vor allem aus den unterschiedlichen Beurteilungsperspektiven der individuellen Mobilität: Aus der Perspektive des individuellen Gebrauchswertes und aus der Perspektiven der gesellschaftlichen Folgen. Aus analytischen Gründen werden wir im nachfolgenden diese Perspektiven zunächst getrennt betrachten und den individuellen und den öffentlichen Verkehr aus der individuellen Gebrauchswertperspektive betrachten. Wir unterziehen beide Verkehre einer Matrix aus den Aspekten:

Kosten
Zeit
Einsatzflexibilität und -diversität
Sicherheit
Verfügbarkeit

Kosten

Das individuelle Auto verursacht hohe Anschaffungskosten und große Fixkosten (Versicherung, Inspektionen, Steuern). Bei relativ neuen Fahrzeugen ist der größte Kostenfaktor der Wertverlust, z.B. beim Golf 1.5 TGI BlueMotion Comfortline DSG durchschnittlich 382 € von 606 € monatlichen Gesamtkosten (entspricht 0,485 Cent pro Kilometer). Einmal angeschafft entstehen allerdings vergleichsweise niedrige Differenzkosten für zusätzlich gefahrene Kilometer. Die Anschaffung rechnet sich ökonomisch vor allem wenn das Auto genutzt wird. Öffentlicher Verkehr produziert im Zweifelsfall zusätzliche höhere Kosten.

Der hohe Kapitalaufwand bei der Anschaffung schließt deshalb für ärmere Einkommensschichten den Verzicht auf andere Mobilitätsressourcen ein. Wer als Pendler berufsbedingt ein Auto benötigt, muss dies aus Kostengründen auch für andere Mobilitätserfordernisse nutzen. Die hohen Einstiegskosten bedeuten für ärmere Haushalte zugleich Verzicht auf andere Anschaffungen oder Ausgaben.

PKW werden in Deutschland durchschnittlich 39 km pro Tag gefahren und stehen 97% der Zeit ungenutzt herum.⁴

Zeit

Durch das dichte Straßennetz und die direkte Fahrt (weniger Zwischenhalte, wenig Umweg und kein Umsteigen) entstehen in der Regel schnellere Fahrzeiten Ende-zu-Ende. Der Öffentliche Verkehr (ÖV) ist nur schneller, wenn Start und Ende relativ nahe an Bahnhöfen / Haltestellen gut angeschlossener Orte liegen.

Beispiele Fernverkehr:

Start Kölner Innenstadt, Ziel Frankfurt a.M. Innenstadt

ÖV (laut DB Fahrplanauskunft): Fahrzeit 1:19 – 1:24 Std plus Fußwege

PKW: Fahrzeit ca. 2:00 Std plus Parkplatzsuche und Fußweg

Start Kölner Innenstadt, Ziel Hamburg Innenstadt

ÖV:

Weg zum Bahnhof 15 Minuten (Fußwege, einige Haltestellen Straßenbahn)

Bahnfahrt 3:44 Std – 4:03 Std (abhängig von der Tageszeit)

Weg zum Zielort 15 Minuten. Summe 4:14 – 4:33 Std.

PKW:

Reine Fahrzeit 4:05 -4:30 (je nach Tageszeit /Verkehrslage)

Parkplatzsuche und Fußweg 10-20 Minuten

Start Stommeln Innenstadt, Ziel Marburg Innenstadt

ÖV (laut DB Fahrplanauskunft): Fahrzeit 3:16 Std plus Fußwege

PKW: Fahrzeit ca. 2:20 Std plus Parkplatzsuche und Fußweg

Start: Mein Wohnort in Köln (nördlicher Stadtrand), Ziel: Wohnort meiner Schwester (Vorort einer Kleinstadt in Schleswig-Holstein)

ÖV (laut DB Fahrplanauskunft): Fahrzeit 6:56 – 8:02 plus Fußwege

PKW: 4:50 – 5:30

Die bei individueller Mobilität eingesparte Zeit wird indes bezahlt mit erhöhtem individuellem Aufwand an Energie für Fahren (Steuern). „Freude am Fahren“ war lange ein erfolgreiches Werbemotto der Autoindustrie. Sicherlich gibt es noch Gelegenheiten, bei denen der Lenker

⁴ http://www.mobilitaet-in-deutschland.de/pdf/MiD2017_Ergebnisbericht.pdf (Seite 4); das entspricht etwa 43,2 Minuten am Tag, in etwa vergleichbar der Kücheneinrichtung, deutlich oberhalb des Nutzungsgrades von Waschmaschinen, deutlich unterhalb von Handys und TV.

eines Kfz dies mit Genuss oder Freude tut. Aber die Mehrheit der Fahrten (zur Arbeit, Einkaufen, Freizeit) wird eher als Belastung und relativ wertfreie Zeit angesehen. Das hohe Infotainment moderner Autos (Radio, Hörbücher) und die hohen Kommunikationsmöglichkeiten durch Freisprecheinrichtungen (Telefonieren) kompensieren diese Belastungen ebenso wie diverse, heute schon verfügbare Assistenzsysteme auf dem Weg zum „autonomen Fahren“.

Einsatzflexibilität und –diversität

Die am meisten nachgefragten Autos ermöglichen individuelle Pendlermobilität, gemeinsame Familien-/Freundesmobilität, sowie die mit Gütertransporten verbundenen Freizeit-, Einkaufs- und Tourismusverkehre. Diese Einsatzflexibilität und –diversität begründet auch die hohe Nachfrage von multifunktional einsetzbaren Fahrzeugen (z.B. Kombi, SUV).

Sicherheit (passive Sicherheit/Hygiene)

Der „Einschluss“ in das eigene Fahrzeug produziert Sicherheit vor Wetter (Klimaanlagen) und Zugriff Fremder. Individuelles oder Kleingruppenfahren vermindert Ansteckungsgefahren und ermöglicht höhere hygienische Reisesstandards.

Kontrolle/Verfügbarkeit

Privat besessene Fahrzeuge sind – Defekte ausgeklammert - unmittelbar verfügbar und nicht fremdbestimmten Taktungen unterworfen. Sie ermöglichen die eigene Wahl des Weges, der Stopps und (zumindest innerhalb des Möglichen) der Geschwindigkeit. Gerade für Menschen mit wenig Zeit ein erhebliches Potential für optimiertes Abarbeiten notwendiger Verkehre: Berufspendeln, Einkäufe, Besuche, Ausflüge.

Allerdings schränken Unfall-/Staugefahren die Kontroll- und Sicherheitsgebrauchswerte individueller Mobilität ein.

Tatsächlich ist die Nutzung eines Kfz die unsicherste Art von A nach B zu kommen (insbesondere Motorrad). Das Risiko auf einer Autofahrt zu sterben ist 55-mal so hoch wie bei einer Bahnfahrt ⁵. Bei einer Busreise noch 4-mal so hoch, wie in der Bahn. Aber: Autofahren ist nur ein Drittel so tödlich, wie Radfahren.⁶ Und Motorradfahren ist viermal⁷ bis 20-mal ⁸so tödlich wie Autofahren (unterschiedliche Quellen). Historisch hat sich allerdings die Gefahr tödlicher Unfälle im Straßenverkehr trotz drastisch gestiegener Verkehre erheblich vermindert: Die Zahl der Kfz stieg von 1970 (20 Mio.) auf 2010 (62 Mio.), die Zahl der Verkehrstoten sank von 1970 (21.000) auf 2010 (4.000).

Die Verfügbarkeit über individuelle Mobilität ist allerdings in einzelnen Lebensphasen und -situationen begrenzt.

Junge Menschen dürfen nicht selbst fahren. Menschen mit körperlichen/geistigen Beschränkungen (insbesondere auch ältere) sind von der Nutzung häufig ausgeschlossen. Über anderthalb Millionen Menschen leben in Deutschland allein aus gesundheitlichen Gründen ohne Auto.⁹

5 <https://www.faz.net/aktuell/gesellschaft/verkehrssicherheit-todesrisiko-im-bus-viermal-hoher-als-im-zug-11989707.html>

6 <https://www.spiegel.de/auto/aktuell/fahrrad-fahren-todesrisiko-deutlich-hoher-als-im-auto-a-1272995.html>

7 <https://www.motorradonline.de/ratgeber/statistik-zu-motorradunfaellen-2019-toetungsrisiko-vier-mal-so-hoch/>

8 https://r.search.yahoo.com/_ylt=A2KLfR6wl6hfli8A5oIXNyoA;_ylu=Y29sbwNiZjEEcG9zAzEEdnRpZAMEc2VjA3Ny/RV=2/RE=1604883505/RO=10/RU=https%3a%2f%2fwww.swr.de%2fswr/aktuell%2fgefahr-bei-fuer-toedlichen-motorradunfall-20-Mal-hoher-als-im-Auto%2ctodesrisiko-motorradfahren-unfallforscher-102.html/RK=2/RS=5ZiyjCZVAI9IP0lw3dyqC9EmpV4-

9 http://www.mobilitaet-in-deutschland.de/pdf/MiD2017_Ergebnisbericht.pdf (Seite 100)

Die Nutzung eines Kfz als Verkehrsmittel zwingt auch bei der Lebensgestaltung zu Kompromissen: Party, Kneipe oder sonstige Freizeitgestaltung mit Konsum von (legalen) Rauschmitteln ist nicht vereinbar mit selbstgesteuerter individueller Mobilität.

3. Welche gesellschaftlichen Nachteile gehen mit der individuellen Mobilität einher?

Die individuelle Automobilität war zunächst durch die Annahme begrenzter Ölressourcen (Club of Rome, 70er Jahre), dann durch Grenzen der Infrastruktur für individuelle Mobilität (Straßenausbau, Stau) seit den 80er Jahren und seit den 2000er Jahren durch die Emissions- und Klimadebatte kritischen Diskussion unterworfen. Was sind die gravierenden gesellschaftlichen Nachteile der individuellen Mobilität?

Emissionen (Abgase, Staube, Lärme) im laufenden Betrieb

Im Jahr 2018 war der Verkehrssektor für mehr als 19 Prozent der Treibhausgasemissionen Deutschlands verantwortlich. Nicht betrachtet werden Emissionen, die bei der Bereitstellung des Bahnstroms für den Schienenverkehr entstehen. Diese werden dem stationären Anteil der Energiebranche (Bahnstrom-Kraftwerke) zugeordnet.¹⁰

Wenig überraschend dann, dass der Straßenverkehr 95% dieser Emissionen ausmacht. Der Verkehr ist der einzige Quell-Bereich, der in den letzten Jahrzehnten seinen Ausstoß vergrößert hat. Die technischen Fortschritte in der Verbesserung der Verbrennungsmotoren sind durch das Wachstum der Tonnen- und Personenkilometer mehr als ausgeglichen worden.

Aber neben klimaschädlichen Abgasen produzieren Verbrennungsmotoren auch Abgase, die für Menschen, Tiere und Pflanzen schädlich sind: Stickoxide, Feinstaub (überwiegend Rußpartikel), Kohlenmonoxid, Schwefeldioxid, Benzole und Aldehyde, unverbrannte Kohlenwasserstoffe (vor allem 2-Takter), sowie weitere.

Auch die Betriebsgeräusche von Kfz sind (gerade in Wohngebieten) in der Nähe von Hauptstraßen eine erhebliche Belastung für Mensch und Tier. Der Straßenverkehr ist seit langem die dominierende Lärmquelle in Deutschland. Mehr als die Hälfte der deutschen Bevölkerung fühlt sich durch Straßenverkehrslärm gestört oder belästigt und ist auch tatsächlich von Lärmpegeln betroffen, die zumindest Beeinträchtigungen nicht ausschließen. Mindestens 15% der Deutschen ist Lärmpegeln ausgesetzt, die Beeinträchtigungen erwarten lassen.¹¹

Ressourcenaufwand

Autos bestehen zu etwas über 60% aus Stahl und Eisen, etwa 20% Kunststoffen und knapp 10% Leichtmetallen. Der Rest verteilt sich auf Betriebsstoffe, Glas, Elektronik, Textilien und anderes.¹² Alle diese Materialien werden unter hohem Energie- und Naturverbrauch zum Teil in weit entfernten Teilen der Welt aus der Erde geholt, verhüttet/raffiniert, zu Vorprodukten verarbeitet und verbaut.

Dabei ist allerdings zu beachten, dass ausgediente Fahrzeuge nicht einfach entsorgt werden. Über 4% (nach Gewicht) der Altfahrzeuge wird wieder verwendet (Gebrauchtersatzteile), über 82% werden recycelt (vor allem Stahl, andere Metalle und Glas), knapp 12% in Stahlwerken und Müllverbrennungsanlage als Brennstoff genutzt („Energierückgewinnung“) und etwas über 1% direkt entsorgt¹³. Die technische Weiterentwicklung der stofflichen Wiederverwendung und schärfere Vorschriften können und

10 <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/treibhausgas-emissionen/emissionsquellen#energie-verkehr>

11 <https://www.umweltbundesamt.de/themen/verkehr-laerm/verkehrslaerm/strassenverkehrslaerm#gerauschbelastung-im-strassenverkehr>

12 <https://chemie-am-auto.de/metalle/index.html>

13 <https://de.wikipedia.org/wiki/Fahrzeugrecycling>

werden hier noch höhere Annäherung an eine vollständige Kreislaufwirtschaft schaffen.

Flächenverbrauch

Kfz benötigen sowohl in Betrieb wie im Stillstand Platz. Der Platzbedarf eines PKW ist im Betrieb 15-mal so hoch, wie der einer Bahn, die zu 20% besetzt ist. Nimmt man die Zeit der Nicht-Nutzung des PKW dazu, steigt dieser Faktor auf bis zu 50 - 100-mal (je nach Annahme darüber, ob und wie lange das ungenutzte Fahrzeug im öffentlichen Raum steht).¹⁴ Besonders in Ballungsräumen ist aber Fläche gerade das knappe Gut der Kommunen (neben Geld). Leider kennen wir keine statistischen Daten über den Platzverbrauch dafür. Die Wirtschaftswoche rechnet vor, dass z.B. in Köln 8,75% der gesamten Verkehrsfläche für stehende Autos verbraucht wird.¹⁵

Sicherheit

Kfz stellen für andere Verkehrsteilnehmer ein erhebliches Risiko dar. Im Jahr 2019 starben insgesamt 3.049 Menschen in Deutschland bei Verkehrsunfällen: 2.129 davon in Unfällen, die hauptsächlich von Kfz verursacht wurden. Von diesen benutzten 2.028 selbst ein Kfz (waren aber nicht unbedingt selbst Verursacherin oder Verursacher). D.h. von den ca. 900 tödlich verunglückten Radfahrern und Fußgängern wurden ca. 100 bei von Kfz-Führern (11 %) verursachten Unfällen getötet.¹⁶

4. Was macht die individuelle Attraktivität und den individuellen Nutzen der kollektiven Mobilität aus, mit welchen Nachteilen wird der Benutzer konfrontiert?

Zeiten

Die „Ende zu Ende“ Zeiten sind im kollektiven Verkehr (s.o.) zumeist länger, vor allem durch Taktungen und Umstiege. Schnellere Zeiten ergeben sich vor allem in Fernverkehren zwischen urbanen Zentren. Auf jeden Fall entfällt die belastende „Arbeit des Steuerns“. Fahrzeiten können *alternativ zum Arbeiten, zur Kommunikation und zur Befriedigung von Informations- und Kulturbedürfnissen* genutzt werden oder einfach zur Entspannung. Der „Netto“-Zeitaufwand sinkt dadurch. Kollektive Verkehre sind *individuell über alle Lebensphasen* nutzbar, weil nicht an die Kompetenz des Steuerns und Lenkens gebunden.

Kosten:

Es gibt faktisch keinerlei Einstiegshürden oder Fixkosten. Gerade für Menschen, die nur selten etwas anderes benötigen, als ihre Füße oder das Rad, ist der ÖPNV preislich attraktiv. Aber auch bei Vielnutzern bleiben die Kosten unter denen eines eigenen PKW, wenn man die tatsächlichen Kilometerkosten ansetzt (siehe oben). Aber nur, wenn man den PKW nicht voll nutzt – was in Realität meistens der Fall ist (durchschnittliche Belegung 1,4 Personen). Extremfall: Eine Netzkarte der DB in der 2. Klasse kostet 3.878 € pro Jahr. Diese lohnt sich aber erst, wenn man mindestens 20.000 Kilometer im Jahr fährt. Entsprechende Fahrleistungen mit PKW sind unter Einbeziehung der Fixkosten nicht zu diesen Kosten zu erzielen.

14 <https://www.zukunft-mobilitaet.net/78246/analyse/flaechenbedarf-pkw-fahrrad-bus-strassenbahn-stadtbahn-fussgaenger-metro-bremsverzoegerung-vergleich/>

15 <https://www.wiwo.de/technologie/mobilitaet/parkende-pkw-in-diesen-staedten-rauben-autos-den-meisten-platz/14656794.html>

16 https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Verkehrsunfaelle/Publikationen/Downloads-Verkehrsunfaelle/verkehrsunfaelle-jahr-2080700197004.pdf?__blob=publicationFile

Einsatzflexibilität und –diversität

Die Struktur des Angebotes durch Bus & Bahn kann nicht alle Bedürfnisse aller Menschen gut bedienen kann. Viele zeitliche Mobilitätsbedürfnisse sind nicht realisierbar. Die zeitliche Flexibilität, die Flexibilität optimierter Wege (z.B. Berufsverkehr, Einkauf) und die Diversität des Transports von Personen, Gruppen und Gütern ist eingeschränkt, insbesondere bei der Pendlermobilität zwischen Innenstädten und Satellitenregionen. In dünner besiedelten Räumen und in Nebenzeiten (vor allem nachts) muss man seinen Transportbedarf flexibel gestalten können und wollen, um Bus & Bahn nutzen zu können.

Sicherheit

Das Risiko, bei der Nutzung des ÖPNV oder des öffentlichen Fernverkehrs Opfer eines Verkehrsunfalls zu werden, ist deutlich geringer (siehe oben). Individuelle Belästigungen sind im kollektiven Verkehr häufiger anzutreffen. Viele (potentielle) Nutzerinnen und Nutzer des ÖV haben Angst vor Taschendieben und Übergriffen anderer.

Dazu ist keine bundesweite Statistik öffentlich zugänglich. Aber im Berliner ÖPNV (BVG) ohne S-Bahn gibt es pro Jahr über 3000 Gewaltdelikte (etwa 500 davon gegen Beschäftigte der BVG).^{17;18}

Kontrolle/Verfügbarkeit

Soweit das Angebot des ÖV gut zum eigenen Mobilitätsbedarf passt, stellt der ÖV einen im Grundsatz verlässlichen und planbaren Verkehrsträger dar. Trotz nachlassender Pünktlichkeit der Bahn in den letzten Jahrzehnten ist eine Bahnfahrt immer noch planbarer als eine Reise mit einem Kfz. Über 94% der DB-Züge sind pünktlich.

Für den ÖPNV gibt es nicht viele veröffentlichte Statistiken. Hier beispielhaft die von Berlin 2017: Pünktlichkeitsquote S-Bahn 92,3 %; U-Bahn 98,8%; Straßenbahn 91,0% und Busse 87,2%.¹⁹

Die Störanfälligkeit der zentralisierten Schienensysteme durch Unwetter, Stromausfälle, Unfälle sind weniger flexibel auszugleichen.

5. Welche gesellschaftlichen Nachteile sind mit der kollektiven Mobilität verbunden

Der schienengebundene öffentliche Verkehr hat seit den 50er Jahren, parallel zur Expansion des Autos und des LKWs sowie dem damit verbundenen Straßen- und Autobahnausbau, einen erheblichen Bedeutungsverlust erfahren. Durch Stilllegung vieler Nebenstrecken und innerstädtischen Straßenbahnen ergibt sich nicht nur ein erheblicher relativer Bedeutungsverlust, sondern auch ein absoluter Bedeutungsverlust des schienengebundenen Verkehrs. Das ist auch politischen Entscheidungen zugunsten des Straßennetzes geschuldet. Diese in nahezu allen entwickelten Ländern zu beobachtende Tendenz ist aber auch Ausdruck der differenzierteren Mobilitäts- und Transportbedürfnisse, die sich aus der Entwicklung der räumlichen Struktur der Betriebe, der Ausdifferenzierung der Berufe, der Familiendifferenzierung sowie der Wohnbedürfnisse entwickelt haben (s.0.).

Der gezielte, nachholende Ausbau schienengebundenen Nah- und Fernverkehrs ist mit außerordentlich hohen Kosten, Planungs- und Realisierungszeiten verbunden (s.u.)

Gleichzeitig steigt die ohnehin existierende Störanfälligkeit hoch zentralisierter schienengebundener Netze mit ihrer höheren Auslastung (Taktung).

17 <https://www.bz-berlin.de/tatort/gewalt-bvg-oepnv-berlin-statistik>

18 <https://www.tagesspiegel.de/berlin/sicherheit-im-berliner-oepnv-bvg-meldet-mehr-gewalt-im-nahverkehr/20923172.html>

19 https://www.berlin.de/senuvk/verkehr/politik_planung/oepnv/download/BerlinerOePNV_Gesamtbericht2017.pdf

Kosten (Kostenstruktur Ausbaus des ÖPNV/Fernverkehr)

Betrachtungen zum Fernverkehr

Strecke Köln-Frankfurt a.M.

Bahn: Kosten Neubau Schnellfahrstrecke ca. 33 Mio. €/km, tatsächliche Kapazität ca. 69.000 Personen pro Tag (25 Mio. im Jahr); theoretisch ist die Kapazität um 50% erweiterbar (6 Zugpaare pro Stunde).²⁰

Auto: Kosten für die bestehende A3 haben wir bislang nicht gefunden. Aber ähnliche Autobahnprojekte kosteten zwischen 50 – 100 Mio. € pro km. Tatsächlich nutzen die A3 zwischen Köln und Frankfurt täglich durchschnittlich 171.000 Autos. Bei durchschnittlich 1,3 Personen pro PKW sind das ca. 220.000 Personen pro Tag.

Es fahren also 2,5-mal so viele Personen mit dem Auto diese Strecke mit dem Auto als mit dem Zug fahren könnten (bei voller Nutzung). Nimmt man die 33,3 Mio. € mit dem Faktor 2,5 mal, um den Kapazitätsunterschied auszugleichen, kostet ein Bahnkilometer gleicher Kapazität also 83,25 Mio. € (unter Einbeziehung der LKW-Transporte auf der Autobahn wird diese dann noch preiswerter).

6. Ist der flächendeckende Ersatz der individuellen Mobilität durch ÖPNV und „Flächenbahn“ klimapolitisch sinnvoll?

Viele klimapolitische Aktivisten wollen den gesamten oder doch zumindest große Bereiche des motorisierten Individualverkehr (MIV) durch ÖPNV und „Flächenbahn“ ersetzen. Dort wo der Mobilitätsbedarf zeitlich und räumlich hoch konzentriert ist (Ballungsgebiete tagsüber) ist das oft die bessere Lösung.

Aber selbst in den Ballungsgebieten sind Dieselsebusse in den Nebenzeiten schon heute schlechter als einzelne PKW²¹. Das gleiche gilt in der Fläche.

Sicherlich ist eine (mit regenerativen Strom fahrende) Straßenbahn weniger klimaschädlich, als ein Verbrenner-Auto. Aber wenn man die motorisierten PKW auf E-Antrieb umstellt, verkehrt sich das, wenn die Bahn schlecht ausgelastet ist:

Der Personennahverkehr der Deutschen Bahn hat laut des Integrierten Geschäftsberichtes 2019²² 84MJ Primärenergie pro 100 Personentransportkilometer verbraucht. Das entspricht 23,33 kWh Primärenergie. Da der meiste Strom der Bahn im Personennahverkehr noch aus (überwiegend eigenen) Kohlekraftwerken kommt, lässt sich mit der durchschnittlichen Effizienz der Kohlekraftwerke von 30-40%²³ ausrechnen, dass die Deutsche Bahn etwa 7 – 9 kWh pro 100 Personenkilometer verbraucht. Das gilt bei durchschnittlicher Auslastung (leider gibt die Bahn dazu keine Informationen bekannt).

Wenn man sich auf der anderen Seite ein batterieelektrisches Fahrzeug (BEV-engl.) anschaut, benötigt das (je nach Typ) 15 – 20 kWh pro 100 km und ist durchschnittlich mit 1,3 – 1,4 (je nach Statistik) Personen besetzt. Ein solches BEV benötigt also (20 / 1,3 =) 15,4 bis (15 / 1,4 =) 10,7 kWh pro 100 Personenkilometer.

Da der Energiebedarf der Bahn aber (so gut wie) unabhängig von der Anzahl der Mitfahrenden ist, bedeutet dies, dass spätestens, wenn die Bahn nur noch zur Hälfte des Durchschnittes ausgelastet ist, diese pro Personenkilometer mehr Energie verbraucht. Bleibt also die Herstellung der Fahrzeuge und die notwendige Infrastruktur zu betrachten. Die unter Fußnote 21 referenzierte Studie zeigt auf Seite 4, dass die Infrastrukturaufwendungen (gemessen in klimawirksamen Emissionen) pro Personenkilometer für Züge im Personennahverkehr nicht wesentlich von dem für PKW abweichen.

Klimalasten des Ausbaus des schienengebundenen Personenverkehrs

20 https://de.wikipedia.org/wiki/Schnellfahrstrecke_K%C3%B6ln%E2%80%93Rhein/Main

21 <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/4/2/024008/pdf> Seite 4

22 https://ibir.deutschebahn.com/2019/fileadmin/downloads/pdf/ib19_d_web_01.pdf, S.88;

23 <https://de.wikipedia.org/wiki/Kohlekraftwerk#Wirkungsgrad>

Leider sind uns keine Studien bekannt, wie hoch die mit einem flächendeckenden Ausbau von ÖPNV und Bahn einhergehenden CO₂-Lasten sind. Klar ist aber, dass dafür viele tausend Tonnen Beton und Stahl verbaut werden müssten: Baustoffe, die – zumindest auf absehbare Zeit – mit erheblichen CO₂-Ausstößen belastet sind.

Der Mobilitätsarbeitskreis der Berliner Grünen hat für ein geplantes U-Bahn-Projekt ermitteln lassen, wie schnell sich diese Last durch den entsprechend reduzierten Straßenverkehr wieder einsparen lässt. Die Ergebnisse der Studie zeigen, dass zumindest für U-Bahnen dieser Zeitraum erstaunlich lang ist: Im konkreten Beispiel dauert es 139 Jahre, bis sich das Projekt aus Sicht der CO₂-Bilanz „rechnet“. Bei teilweiser oberirdischer Ausführung noch 128²⁴.

Jetzt ist sicherlich der U-Bahnbau besonders aufwändig, wir halten es dennoch für dringend geboten, bei der Konzeptionierung einer Verkehrswende diesen Aspekt genauer zu beleuchten und entsprechende Studien auch für den Ausbau in der Fläche zu veranlassen.

Die Emissionen für die Herstellung der Fahrzeuge sind bislang bei PKW deutlich höher als bei der Bahn. Das liegt vor allem an der geringen Nutzungsquote der PKW (ca. 3%). (siehe Anhang 3 Anmerkungen zum CO₂-Fußabdruck von Batterien bzw. Lithium)

7. Strukturelle Grenzen des Ausbaus der kollektiven Mobilität oder warum nur 9 der hundert größten Bahnhöfe nach 1918 gebaut wurden?

Im nachfolgenden gehen wir der Frage nach, in welchen zeitlichen Dimensionen ein Ausbau von öffentlichen Bus- und Bahnsystemen möglich ist.

Kosten

Uns ist keine Studie darüber bekannt, wieviel die Einrichtung einer „Flächenbahn“ kosten würde. Aber vielleicht ein paar Überlegungen zur Größenordnung.

Wir nehmen mal an, dass alle Autobahnen in Deutschland durch Schnellfahrtrassen der Bahn ersetzt werden müssten.

Laut BMVI gibt es 13.183 km Autobahnen²⁵. Als Kostengrößenordnung nehmen wir die ca. 33 Mio. pro km aus der Strecke Köln Frankfurt/Main.

Also 13.183 mal 33 Mio. = 435 Mrd. Euro.

Zu den Kosten des Streckenausbaus kommen die Kosten für den Bau von Zügen. Der Verkehrsanteil der Bahn am Personenfernverkehr liegt zurzeit bei ca. 10%, der von PKW etwas über 80% (in Personenkilometer gemessen). Gebraucht werden also zusätzlich etwa 8-mal so viele Züge, wie die Bahn heute hat (und sie hat heute schon zu wenig). Die DB besitzt heute laut Statista 289 ICE²⁶. Wir benötigen also 8 x 289 = 2.312 neue ICE. Nach verschiedenen Quellen kostet ein aktueller ICE4 etwa 30-35 Mio. Euro²⁷ (6 Mrd. Euro für 174 Züge)²⁸.

Also Kostengrößenordnung 2.300 x 30-35 Mio. € = 69 – 81 Mrd. €.

Dabei lassen wir außen vor, dass viele Autobahnstrecken so hoch ausgelastet sind, dass man zum Ersatz Schnellfahrstrecken mit mehr als 2 Gleisen braucht.

24 <https://www.tagesspiegel.de/berlin/u-bahn-in-berlin-als-klimakiller-gutachter-stellen-katastrophale-co2-bilanz-fuer-neue-tunnel-auf/26679718.html>

25 <https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Artikel/G/infrastruktur-statistik.html>

26 <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/13343/umfrage/anzahl-der-ice-zuege-im-bestand-der-db-ag-seit-dem-jahr-2005/>

27 <https://www.welt.de/wirtschaft/article181690144/Deutsche-Bahn-Neue-ICE-4-Bestellung-reisst-das-Schuldenlimit-der-Bahn.html>

28 https://de.wikipedia.org/wiki/ICE_4

Zusätzlich ersetzen wir mal gedanklich alle Bundes- und Landesstraßen durch S-Bahnstrecken.

Was kosten S-Bahnstrecken? Schauen wir auf aktuelle S-Bahnprojekte. (zugegeben relativ zufällig in der Internetrecherche gefundene Beispiele):

- Neubau S-Bahn S4 von Hamburg Hauptbahnhof nach Bad Oldesloe²⁹.
Länge knapp 36 km – Gesamtkosten geplant 1,85 Mrd. Euro³⁰; Kosten pro km 51,3 Mio. €
- Neubau S-Bahn zum Anschluss des Gewerbegebietes am Frankfurter Flughafen „Gateway Gardens“
Länge 6km – Gesamtkosten 223 Mio. €³¹ ; Kosten pro km 37,1 Mio. €
- Neubau Nord-Süd-Verbindung in Berlin S21
Länge 6,5 km – Kosten geplant 227 Mio.€, aktuell 317 Mio. €, Tendenz steigend ³²;
Kosten pro km aktuell 48,7 Mio. €

Nehmen wir mal 30 – 50 Mio. als Größenordnung an. Laut BMVI gibt es 37.842 km Bundesstraßen und 86.923 km Landesstraßen, zusammen 124.765 km. Ziehen wir davon das bestehende Schienennetz der Deutschen Bahn mit einer Länge von 33.400 km ab³³, bleiben 91.000 km zu bauen.

Ergibt eine Gesamtgrößenordnung von 2.700 – 4.500 Mrd. Euro.

Wenn wir jetzt noch die 91.828 km Kreisstraßen mit Straßenbahnen ersetzen wollen...

Die Straßenbahnverlängerung der Linie 5 in Köln zu Ikea hat für 1,8 km 18 Mio. € gekostet³⁴.

Andere Projekte (oberirdisch) kosteten angeblich 10 – 20 Mio. pro km³⁵.

Das ergäbe Gesamtkosten von 900 – 1.830 Mrd. Euro.

Und dann hätten wir immer noch keine Züge, kein Personal und keine Lösung für den innerörtlichen Verkehr.

In der Summe also mehrere tausend Mrd. Euro.

Zur Einordnung der Größenordnungen: Das Gesamtvolumen des Bundesverkehrswegeplans stieg durch die jüngsten Änderungen von 264,5 auf 269,6 Milliarden Euro. Insgesamt ist der Plan um rund 96 Milliarden Euro höher dotiert als der letzte von 2003. Im neuen Plan entfallen auf die Straßen 132,8 Milliarden Euro (49,3 Prozent), auf die Schiene 112,3 Milliarden Euro (41,6 Prozent) und auf die Wasserstraßen 24,5 Milliarden Euro (9,1 Prozent).³⁶

Dabei ist zu beachten: Diese Summen gelten für den gesamten Zeitraum 2016 – 2030.

Hintergrundinformation: Der aktuelle Bundeshaushalt hatte bei seinem Beschluss (vor Corona!) einen Umfang von 362 Mrd. Euro³⁷. Davon waren über 41% für Arbeit und Soziales geplant.

Der Nachtragshaushalt 2020 (Corona-bezogene Mehrausgaben) umfasst 122,5 Mrd. Euro.³⁸

29 Planungsdetails unter <https://www.nah.sh/de/themen/projekte/s4-die-neue-s-bahn/download-service/vorplanung/>

30 Laut: <https://www.mopo.de/hamburg/am-montag-geht-s-los-eilantraege-abgelehnt--baustart-bei-der-s4-37587528>

31 <https://www.bild.de/regional/frankfurt/frankfurt-am-main/neue-s-bahn-zum-flughafen-55017216.bild.html>

32 <https://www.tagesspiegel.de/berlin/kostenexplosion-bei-s-bahn-bund-bremst-weiterbau-der-s-21-in-berlin-aus/11334710.html>

33 <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/13349/umfrage/laenge-vom-schienennetz-der-db-ag/>

34 <https://www.ksta.de/verlaengerung-der-linie-5-12280286?cb=1606248044492>

35 <https://www.tagesspiegel.de/berlin/pro-und-contra-tram-ausbau-mehr-strassenbahnen-nein-mehr-busse/12252080.html>

36 <https://www.faz.net/aktuell/wirtschaft/wirtschaftspolitik/der-neue-bundesverkehrswegeplan-2030-erhalt-geht-vor-aus-und-neubau-14342590.html>

37 <https://www.bundeshaushalt.de/#>

Zeit

Größere Infrastrukturmaßnahmen im Verkehrssektor erfolgen in der Regel in mehreren Phasen.

Nach dem grundsätzlichen politischen Beschluss, dass ein bestimmtes Projekt umgesetzt werden soll, folgt die technische und baupolitische Planung (technische Pläne, Raumordnungspläne, Baugenehmigungen, Kostenpläne). Darauf folgt eine zweite Runde politischer Beschlüsse zur Finanzierung sowie die öffentlichen Anhörungen zu den Vorhaben, sowie die Ausschreibung der Baumaßnahmen. Wenn all dies abgeschlossen ist, folgt der Baubeginn und nach Abschluss der Bauarbeiten die Inbetriebnahme.

Schauen wir uns die hierfür bei einigen Projekten benötigten/geplanten Zeiträume an:

Ausbau S4 Hamburg

Grundsatzbeschluss 2011; (Vor-)Planung des Projektes 2011/2012 bis 2016/2017 (in drei Teilprojekten); Finanzierung und öffentliche Anhörung bis 2020; Baubeginn 2021 (einige Arbeiten schon 2020); geplante Inbetriebnahme „nicht vor 2027“.³⁹

Bau Hauptbahnhof Berlin und Bahnhof Südkreuz Berlin

Beschluss durch Bundesregierung 1992; Planfeststellung 1995; Baubeginn 1995; Inbetriebnahme Mai 2006.⁴⁰

S21 in Berlin (Nord-Süd-Verbindung)

Politischer Beschluss 1995 und 2000; Planfeststellung 2005; Finanzierungsbeschluss (nur nördlicher Teil) 2009; Baubeginn 2009; geplante Eröffnung Sommer 2021;⁴¹

Ausbau Köln-Langenfeld im Rahmen des Rhein-Ruhr-Express-Planes

Vorbereitende Planungen von 2005 – 2009; Einleitung des Planfeststellungsverfahrens 2011; Planfeststellung 2018; Baubeginn 2019; Inbetriebnahme unklar.⁴²

Stuttgart 21 (sicherlich ein Extremfall)

Erklärung des politischen Willens und Projektvorstellung 1995; ursprünglicher Plan: Baubeginn 2001 / Inbetriebnahme 2008; in 2000 Projektstopp wegen Kosten und Durchsetzungsschwierigkeiten. Neues Planfeststellungsverfahren ab 2001 – Abschluss 2006; politischer Beschluss durch Baden-Württembergischen Landtag Oktober 2006; Volksabstimmung 2011; Baubeginn 2010; Anfang 2018 gab die Deutsche Bahn bekannt, dass nunmehr mit einer Fertigstellung im Jahr 2025 gerechnet wird⁴³.

Was deutlich wird: Planung, Finanzierung, politische Willensbildung und bauliche Realisierung benötigen selbst bei kleineren und einfachen Projekten etwa 6-8 Jahre. Je größer diese werden, umso länger dauert das: Selbst bei den politisch im Wesentlichen unstrittigen und mit hoher Priorität finanziell und planungstechnisch unterstützten Projekten der beiden großen Bahnhöfe in Berlin dauerte es vom Beschluss bis zur Inbetriebnahme 14 Jahre. Komplexere Projekte unter Beteiligung mehrerer Länder und Kommunen (wie Hamburg S4) oder mit hohem Widerstandspotential in der Öffentlichkeit (wie S21 - und auch solche würde es in jedem Verkehrswendeprogramm geben) dauern eher über 15 Jahre.

Planungs- und Baukapazität

Als Anfang 2020 das (nach zwei weiteren Erhöhungen) nun über 90 Mrd. Euro umfassende 10-Jahresprogramm für die Modernisierung und den Ausbau der Bahnstrecken und Infrastruktur bekannt gegeben wurde, äußerten der Vorsitzende der Eisenbahn-Verkehrs-

38 <https://www.bundesfinanzministerium.de/Content/DE/Pressemitteilungen/Finanzpolitik/2020/03/2020-03-23-pm-nachtragshaushalt.html>

39 <https://www.s-bahn-4.de/de/projekt.html> & <https://www.nah.sh/de/themen/projekte/s4-die-neue-s-bahn/planung/>

40 https://de.wikipedia.org/wiki/Bahnhof_Berlin_Südkreuz & https://de.wikipedia.org/wiki/Berlin_Hauptbahnhof

41 [https://de.wikipedia.org/wiki/S21_\(Berlin\)](https://de.wikipedia.org/wiki/S21_(Berlin))

42 <https://de.wikipedia.org/wiki/Rhein-Ruhr-Express>

43 https://de.wikipedia.org/wiki/Stuttgart_21

Gewerkschaft⁴⁴ Zweifel, ob das so umsetzbar sei. Auch der Infrastrukturvorstand der Deutschen Bahn Pofalla sprach von großer Herausforderung, diese Mittel auch tatsächlich zu verbauen.

Warum ist das so?

Nach Jahrzehnten geringer Aktivitäten im Bereich Ausbau und Modernisierung der Bahninfrastruktur sind fast alle dafür benötigten Kapazitäten nur noch in geringen Umfang verfügbar: Planstellen für Planungsingenieure bei der Bahn, bei den Raum- und Bauplanern in Bund, Land und den Regierungsbezirken/Kreisen sind weitgehend abgebaut; Spezialfirmen für Gleis- und Stellwerksbau sind nicht in der Lage aus dem Stand dieses Volumen abzuarbeiten; auch die Fertigungskapazitäten für Signaltechnik, Lokomotiven und Waggons können diesen ambitionierten Plan schwerlich leisten.

Dabei wird mit diesem Plan „nur“ das Ziel verfolgt, die Passagierzahlen der Bahn bis 2030 zu verdoppeln⁴⁵. Falls sich das gleichmäßig über alle Fahrdistanzen verteilt, würde das den Marktanteil am Personenverkehr von knapp über 10% auf etwas über 20% erhöhen – aber nur wenn die Gesamtmobilität nicht – wie zuletzt – mit etwa 5-6% pro Jahrzehnt wächst.⁴⁶ Um die Anteile des Autos ganz zu übernehmen (und das meint „Flächenbahn“ ja wohl), müsste die Bahn sich dann noch 2-mal verdoppeln.

Fläche

Ein Ersatz des Autoverkehrs durch Bahnen erfordert den Neubau von Gleisstrecken. Im Grundsatz sind dafür die Straßenflächen mehr als ausreichend. Am Ende würde (vor allem unter Einbeziehung von Parkplätzen) der Flächenbedarf deutlich kleiner sein. Das Problem ist aber, dass in der Bauphase der neuen Bahnstrecken der Mobilitätsbedarf weiterbesteht und somit die Infrastruktur für Autos erst nach Bauende der Bahnstrecke frei wird.

Zum Beispiel ist denkbar, erst einzelne Einfallstraßen in Städten mit Bahnstrecken zu versehen und dann den Verkehr schrittweise umzulegen.

Für alle Einfallstraßen gleichzeitig funktioniert das aber nicht, weil wir für die 6-8 Jahre Bauzeit die Stadt ja nicht stilllegen wollen. Je schneller wir also den Ersatz haben wollen, umso mehr Zusatzfläche brauchen wir vorübergehend. Dieses müsste dann aber den Abriss dessen nach sich ziehen, was dort heute steht (Park, Büros, Geschäfte, Wohnungen, ...). Freie Trassen sind ja nur in den Fällen verfügbar, wo stillgelegte Bahntrassen existieren. In Städten und Ballungsgebieten sind diese aber meist bereits neuer Nutzung zugeführt worden.

Dazu kommt, dass die Struktur der Bahn andere Flächenerfordernisse mit sich bringt. Trassenanforderungen auf der Strecke (Steigung und Kurvenradien) sind anders. Ein 1:1-Ersatz wird also nicht überall möglich sein.

Wer sich den Stadtplan von Köln anschaut⁴⁷, kann sehen, dass im Umfeld des Hauptbahnhofes und in Deutz große zusammenhängende Flächen zum Bahnbetrieb (Trassen, Bahnhöfe, Abstell- und Rangiergleise) genutzt werden.

Nun bräuchten wir in Köln aber etwa 3 weitere Hauptbahnhöfe und solche großen Flächen sind so zusammenhängend nicht für Straßen und Parkplätze belegt. Dieses innerstädtische Flächenproblem ist einer der Gründe, dass nach dem Ersten Weltkrieg nur noch 9 der 108 heute größten Bahnhöfe gebaut wurden (neben der Tatsache, dass in den letzten 40-50 Jahren der Ausbau der Bahn insgesamt angehalten wurde). Bis auf die Ausnahme Bochum, alle auf bestehenden Bahngeländen (Siehe Anhang 1). Diese Flächen stehen aber im notwendigen Umfang nicht zur Verfügung. Also muss entweder das Betriebskonzept der Bahn und/oder die Flächenstruktur der Städte verändert werden – beides erfordert viel Zeit.

44 <https://www.fr.de/wirtschaft/milliardenspritze-fuer-bahn-was-haben-kunden-davon-zr-13439963.html>

45 <https://www.sueddeutsche.de/wirtschaft/bahn-milliarden-ausbau-1.5029830>

46 https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Publikationen/G/verkehr-in-zahlen-2019-pdf.pdf?__blob=publicationFile und <https://www.allianz-pro-schiene.de/themen/personenverkehr/daten-fakten/>

47 <https://www.openstreetmap.org/#map=14/50.9485/6.9547>

These 2

Die schienengebundene öffentliche Mobilität verfügt sowohl im Fernverkehr zwischen urbanen Zentren sowie in der regionalen und innerurbanen öffentlichen Mobilität über erhebliche Kosten- und energetische Vorteile gegenüber der autoindividuellen Mobilität. Die schienengebundene Infrastruktur mit ihrer zentralisierten Störanfälligkeit, das Problem großer Zeitverluste durch Umstiege- und Wechsel der Mobilitätsformen sowie die geringere Einsatzflexibilität bleiben strukturelle Nachteile der öffentlichen Mobilität. Insofern muss es strategisch aus Mobilitäts- und Energie-/klimapolitischen Zielsetzungen vor allem um den gezielten Ausbau der schienengebundenen Mobilität in den Bereichen gehen, wo hoher individueller Gebrauchswert mit hohen energiepolitischen Einspareffekten einhergehen.

Realistische Ausbauszenarien müssen dabei sowohl die Kosten wie Realisierungszeiträume einbeziehen unter Berücksichtigung, dass ab den 2030er/2040er Jahren alle Formen öffentlicher Mobilität sich mit einer elektromobilen individuellen Mobilität vergleichen müssen und spätestens ab den 2040er Jahren auch mit dem Einsatz „autonomer“ Fahrzeuge sowohl im PKW wie im LKW Verkehr.

8. Warum die individuelle E-Mobilität eine Zukunftstechnologie und keine Durchgangstechnologie ist

Individuelle E-Mobilität könnte nur dann Durchgangstechnologie sein, wenn Verbrennermotorisierte individuelle Mobilität entweder vollständig durch A) eine andere Antriebsart oder B) ein anderes gesellschaftliches Angebot ersetzt würde.

A) Antriebstechnik

Auch wenn wir klimaneutral mobil sein wollen, müssen wir (sowohl individuell besessene als auch öffentlich betriebene) Fahrzeuge antreiben – außer wir gehen zu Fuß. Wenn wir weiter muskelgetriebene Fahrzeuge ausnehmen (was zumindest im Fernverkehr richtig ist), erfordert das Energie, die von Antriebsmaschinen in Bewegung umgesetzt wird. An regenerativen Energiequellen stehen uns nur pflanzliche Stoffe und Strom aus Wind-, Wasserkraft, Geothermie und Solarzellen zur Verfügung.

Pflanzliche Stoffe können direkt genutzt werden (Holzgeheizte Dampfmaschinen, Holzvergaser betriebene Verbrennungsmotoren), was aber nicht sonderlich effektiv ist. Vor allem wegen der mitzuführenden Menge an Brennstoff ist das für PKW nicht wirklich geeignet.

Bleibt die Umwandlung von pflanzlichen Materialien in Bio-Kraftstoffe (Bio-Diesel oder Methan). Diese können dann wie fossile Brennstoffe in herkömmlichen Verbrennungsmaschinen genutzt werden.

Solange dies nicht in Konkurrenz zu Lebensmittelproduktion passiert, oder durch die Nutzung zusätzlicher Flächen (z.B. Urwald zu Palmölplantagen) der Umwelt Schaden zufügt, ist dies sicherlich eine sinnvolle Möglichkeit. Gülle/Mist aus der Tierhaltung in Biogasanlagen zu Methan zu zersetzen, dieses aufzufangen und zu nutzen, ist umweltfreundlicher, als den Mist einfach direkt als Dünger einzusetzen.

Reststoffe wie Stroh oder in der Holzwirtschaft anfallende Holzabfälle lassen sich ohne große Verluste zu Biodiesel verarbeiten (sogenannte Biodiesel 2. Generation).

Aber: Diese Nebenprodukte und umweltverträglichen Hauptprodukte sind nicht in ausreichenden Mengen verfügbar, um den gesamten automobilen Verkehr damit zu betreiben.

(Für die USA gibt es eine Untersuchung dazu: Unter Einbeziehung des Anbaus von speziellen Energiepflanzen und der Nutzung aller Waldflächen könnten Biokraftstoffe bis zu einem Äquivalent von 25% des Stromverbrauches von 2010 erzeugt werden⁴⁸. Für die Elektrifizierung des Automobilen Verkehr werden aber ca. 33% des Strombedarfes von heute benötigt. Und das Volumen umfasst - fast zu Hälfte - umwelt- und klimapolitisch hochproblematische Mengen).

48 <https://www.energy.gov/eere/bioenergy/bioenergy-frequently-asked-questions>

Also wird ein Großteil der Antriebsenergie aus Strom kommen müssen.

Dazu gibt es nach heutigem Stand der Technik vier Wege (mit einigen Zwischenformen):

- a. Strom aus dem Netz über Oberleitungen und Abnehmer ins Fahrzeug, klassischerweise im Bahnverkehr, früher bei den sogenannten O-Bussen (Oberleitungsbusse). Im Augenblick werden dafür Teststrecken gebaut. Geprüft wird laufender E-Betrieb wie auch die Möglichkeit des Aufladens bei der Fahrt. (Frankfurt/Darmstadt; Lübeck-Travemünde).
- b. Strom aus dem Netz, der in Fahrzeugbatterien geladen und in E-Motoren genutzt wird.
- c. Strom aus dem Netz, mit dem Wasserstoff in zentralen/regionalen Anlagen erzeugt wird. Dieser wird dann über die Gasinfrastruktur verteilt. Der Wasserstoff wird über die Speicherung im Fahrzeugtank durch Brennstoffzellen in Strom verwandelt und dann in E-Motoren genutzt.
- d. Strom aus dem Netz, mit dem Wasserstoff in zentralen/regionalen Anlagen erzeugt wird. Der Wasserstoff wird über chemische Prozesse zu flüssigen Kraftstoffen weiterverarbeitet, die dann über den Fahrzeugtank in Verbrennungsmotoren genutzt werden.

Jeder dieser Wege hat Vor- und Nachteile:

- a. Die Fahrzeuge brauchen bei Oberleitungsbetrieb keine schweren Speichertechnologien an Bord und werden insofern „leichte Fahrzeuge“: Der Energiebedarf wird geringer und ebenso die Straßenbelastung (oder höhere Nutzlast möglich). Zugleich sind die Übertragungsverluste geringer - etwa gleich wie im normalen Stromnetz (5% Energieverlust beim E-Motor). Die Lösung bedarf hoher Investitionen in entsprechende Oberleitungsnetze.
- b. Die Fahrzeuge werden durch die Batterien relativ schwerer. Es entstehen dadurch etwas höhere Gesamtverluste als beim Oberleitungsverkehr (ca. zusätzlich 5% beim Laden und Entladen der Batterie, 5% Energieverlust beim E-Motor).
- c. Gespeicherter Wasserstoff mit Brennstoffzelle sind deutlich leichter als Batterien. Der Vorteil „Leichtes Fahrzeug“ geht allerdings mit extremem Energieverlust einher: ca. 20% der Stromenergie geht in der Elektrolyse von Wasserstoff verloren⁴⁹, da Wasserstoff hochflüchtig ist, gibt es Transport- und Speicherverluste⁵⁰. Zusätzlich benötigt man energetischen Aufwand für Komprimieren und/oder Kühlen. Die Brennstoffzellen, die klein genug sind, um mobil betrieben zu werden – sogenannte „kalte Zellen“ -, haben heute einen Wirkungsgrad von bis 60%. Die gesamte Kette erfordert etwa 2,5 – 3-mal so viel Strom pro km wie ein Batteriesystem und sind noch sehr teuer.
- d. Verbrennerfahrzeuge sind schwerer als Oberleitungs- und Wasserstofffahrzeuge, aber leichter als BEV. Bei der Erzeugung des Wasserstoffs entstehen die gleichen Verluste wie unter c). Etwa 1/4 der im Wasserstoff enthaltenen Energie geht bei der Umwandlung in flüssige Kraftstoffe verloren. Dafür entstehen nur marginale Transport- und Speicherverluste. Der Verbrennungsmotor hat aber nur einen Wirkungsgrad von höchstens 33% durchschnittlich. (Der beste Diesel hat nur am optimalen Betriebspunkt höchstens 43%)⁵¹. Die gesamte Kette (Erzeugung und Verbrauch) erfordert mindestens 7-mal so viel Strom pro km wie ein Batteriesystem. Das System hat den Vorteil, dass existierende Verbrenner weiter benutzt werden können.

49 https://de.wikipedia.org/wiki/Wasserstoffherstellung#Elektrolyse_von_Wasser

50 <https://de.wikipedia.org/wiki/Wasserstoffspeicherung>

51 <https://de.wikipedia.org/wiki/Dieselmotor#Wirkungsgrad>

Wasserstoffgewinnung aus Licht ⁵² lassen wir außen vor, könnte aber irgendwann eine effektive Alternative zur Umwandlung von (Photovoltaik-)Strom in Wasserstoff werden. Gegebenenfalls wird dann c. eine gute Alternative.

Aber: Die bislang insgesamt zur Verfügung stehende Menge an Strom aus erneuerbaren Quellen wird auf absehbare Zeit nicht ausreichen, um den heutigen Strombedarf plus die für eine Klimawende notwendigen zusätzlichen Bedarfe abzudecken. Der Bedarf für Mobilität (etwa +33% im Fall b), Heizen (uns sind dazu keine Zahlen oder Modellrechnungen bekannt), Grundstoffindustrie (unter anderem Zement, Eisen, Aluminium, Stahl, Kunststoffe) und verarbeitende Industrien ist enorm. Wenn wir die bestehenden CO₂-Emissionen ⁵³ zum Ausgangspunkt nehmen, ist die Energiewirtschaft für gut 34% der CO₂ Emissionen verantwortlich; der Verkehr für gut 19%, Heizen für gut 14% und die Industrie für fast 23%. Selbst wenn bei der Umstellung all dieser Prozesse auf regenerative Energiequellen viel Energie gespart werden kann (z.B.: Heizung – Ölheizung durch strombetriebene Wärmepumpe), wird diese Umstellung doch sehr viel zusätzlichen Strombedarf erzeugen.

Eine (strombezogene) Energiewende wird sich daher *nicht nur am Ersatz der heutigen Strommenge ausrichten müssen, sondern eher an einem um den Faktor 1,8 - 2 wachsenden Strombedarf.*

Wir sollten daher eine klimaorientierte Verkehrswende – zumindest auch – daran orientieren, welche Lösung den niedrigsten Strombedarf hat. Aus unserer Sicht heißt das: Wo immer sinnvoll möglich, sollte Verkehr an Oberleitungen abgewickelt werden. Wo das in der Summe nicht sinnvoll ist, oder (noch) nicht verfügbar, sind BEV-Fahrzeuge die mit Abstand beste Variante.

Die grundsätzlich energetisch schlechtere Variante mit Wasserstoff (oder Flüssigkraftstoffen) sollte für Verkehre genutzt werden, bei denen eine Batterie-elektrische Lösung nicht funktioniert (aus Gründen des Gewichtes – wie beim Fliegen, der Reichweite – wie beim Schiffsgüterverkehr).

Außerdem sind die Produktionskapazitäten für grünen Wasserstoff (also Wasserstoff, der nicht aus fossilen Trägern gewonnen wird) noch völlig unterentwickelt und es gibt viele Industrieprozesse, die nur mit Strom nicht funktionieren (z.B. Stahlherstellung, Kunststoffsynthese). Diese Prozesse müssen vorrangig versorgt werden, statt den Wasserstoff in Bereichen zu ver(sch)wenden, für die es bessere (oder auch nur gleich gute) Lösungen gibt.

These 3: Batterieelektrische Antriebe werden für die planbaren Zukunftsszenarien der individuellen Automobilität der dominierende Mainstream werden, sowie der elektrische Oberleitungsbetrieb schon seit Jahrzehnten der Mainstream bei den schienengebundenen Verkehren ist.

Emissionsoptimierte Verbrennungsmotoren werden – wie schon im schienengebundenen Verkehren - nur als spezielle Anwendungsfälle in bestimmten Regionen und Anwendungsbereichen als spezifische Rolle spielen, in denen die notwendige Infrastruktur für E-Mobilität technisch und ökonomisch nicht rational realisierbar ist.

52 https://de.wikipedia.org/wiki/Photokatalytische_Wasserspaltung

53 <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/treibhausgas-emissionen/emissionsquellen>

9. Warum erneuerbare Energiequellen die Voraussetzung der emissionsfreien Mobilität sind und welche politischen Konsequenzen das hat?

Bewegung erfordert Energie. Wir haben das in Kapitel 5 beschrieben. Wenn Mobilität nicht muskelgetrieben stattfindet (zu Fuß gehen oder Rad fahren), benötigt man dafür andere Energiequellen.

Wie oben auch schon beschrieben, wird diese Energiequelle überwiegend Strom sein müssen (zumindest indirekt).

Die vollständige Ersetzung des MIV durch batterieelektrische Fahrzeuge benötigt irgendwo zwischen 105 TWh⁵⁴, 120 TWh⁵⁵ und 170 TWh (einige Untersuchungen sprechen von 33% zusätzlichem Bedarf) zusätzlichen Stroms.

Ein erhöhter Strombedarf entsteht aber auch, wenn automobiler Verkehr durch schienengebundene Verkehre ersetzt werden.

Laut Deutscher Bundesbahn⁵⁶ verbrauchte sie 2018 8 TWh Strom fürs Fahren („Traktionsstrom“) und 18 TWh für „stationäre Energien“ (Signalanlagen, Schienenheizung, Beleuchtung,...). Wenn man den Stromverbrauch einfach mit dem notwendigen Wachstumsfaktor von 8 malnehmen, ergäbe das 172 TWh zusätzlichen Bedarf (+34%).

Wenn wir annehmen, dass nur der Traktionsstrom proportional mitwächst und der stationäre Strombedarf sich nur verdoppelt noch einer von 82 TWh (+16%).

Laut Umweltbundesamt wurden in Deutschland 2018 522 TWh Strom verbraucht.

So oder so: wenn wir klima-neutrale Mobilität wollen, benötigen wir mehr Strom aus erneuerbaren Quellen (theoretisch ist auch Atomstrom klimaneutral – aber das wollen wir aus anderen Gründen nicht. Zumal Atomstrom deutlich teurer ist⁵⁷).

Eine Verkehrswende lässt sich sinnvoll daher nicht von einer Energiewende trennen.

These 4: Da die oben skizzierten differenzierten Mobilitätsanforderungen individuelle Automobilität erforderlich machen und mit hohen individuellen Gebrauchswerten einhergehen, sind die erforderlichen Infrastrukturen unabdingbar: Ausbau der erneuerbaren Energieproduktion (Windkraft, Photovoltaik, Solarthermie), Verteilungs- und Distributionsstrukturen (wie z.B. der Ladeinfrastruktur). Dies ist nicht nur zur Erreichung der klimapolitischen Ziele notwendig, sondern angesichts der inzwischen hohen technologischen Dynamik, die mit einem starken Preisverfall bei der Produktion von Strom und Batterien einhergeht, auch die ökonomisch bessere Variante der Mobilitätsentwicklung.

10. Was bedeutet das autonome Fahren für den Nutzen individueller und kollektiver Mobilität?

Autonomes Fahren wird sich im hier zur Diskussion anstehenden Zeitraum (sukzessive in den nächsten 10 – 20 Jahre) höchstwahrscheinlich im Straßenverkehr etablieren. Schon in den nächsten Jahren fangen die ersten Autonomen Lieferdienste an (Waymo 2021, Ford 2022). Gleichzeitig wachsen autonome Shuttle-Dienste in die Fläche (Pilotprojekte auf Messegeländen und an Flughäfen laufen). Anwendungen für Lagerlogistik und Landwirtschaft drängen auf öffentliche Straßen.

54 <https://www.wiwo.de/technologie/mobilitaet/elektromobilitaet-reicht-der-strom/20231296-2.html>

55 <https://www.welt.de/wirtschaft/bilanz/article173098685/E-Mobility-Wir-haben-mehr-als-genug-Strom-fuer-die-Elektroautos-in-Deutschland.html>

56 Zitiert nach https://de.wikipedia.org/wiki/Bahnstrom#Energieverbrauch_und_-_herkunft_bei_der_Deutschen_Bahn

57 <https://www.lazard.com/perspective/lcoe2020>

Wahrscheinlich werden in der 2. Hälfte dieses Jahrzehnts RoboTaxis technologisch verfügbar sein. Dabei ist es für diese Idee eigentlich egal, ob das 2022 schon passiert (wie Tesla und Waymo/Google glauben) oder erst 2025+ wie VW öffentlich verkündet.

Entscheidend ist, dass diese Technik die Vorteile des heutigen Öffentlichen Verkehrs mit denen des heutigen MIV verbindet:

Durch eine höhere Auslastung der Fahrzeuge sinken die Kosten, der Materialaufwand und der Platzbedarf. Die Ökobilanz steigt durch den Einsatz von BEV weiter, da diese etwa 4-6-mal so viele Kilometer als „Lebensleistung“ erreichen (Tesla spricht von 1 Mio. Meilen = 1,6 Mio. km).

Ein teurer (und mit hohen CO₂-Lasten behafteter) Ersatz der bestehenden Infrastruktur ist nicht überall notwendig. Verschiedene Modellrechnungen gehen von Kosten aus, die unter einem Fünftel der Nutzung eines besessenen PKW liegen und damit auch zum ÖPNV und der Bahn voll konkurrenzfähig sind. Tesla schätzt die Kosten auf etwa 20 US-Cent pro Meile (das sind unter 11 Euro-Cent pro Kilometer).

Das Mobilitätsangebot kann der Nachfrage genauer und schneller angepasst werden (BigData und App-getriebene Steuerung machen das möglich). Nicht der mobilitätsbedürftige Mensch muss sich dem vorgegebenen Fahrplan anpassen, sondern das Verkehrsmittel kommt, wenn es benötigt wird.

Außerdem werden Menschen mobil, die es heute nicht sind: Gebrechliche Menschen können an der Haustür abgeholt werden, Menschen, die aus welchem Grund auch immer, nicht selbst fahren dürfen oder können (Blinde, Jugendliche, Führerscheinlose, ...) werden mobil, die das bislang nur im schienengebundenen Verkehr oder im teuren Taxi-Betrieb sind. Durch gezielten Einsatz von kleinen, mittelgroßen Shuttle oder großen Bussen kann der Verkehr verdichtet werden, wo reguläre (Straßen-)Bahnen zu groß sind.

Gleichzeitig würde Platz frei (vor allem von Parkplätzen, aber auch Straßenfläche - 1/4 des innerstädtischen MIV ist Parkplatzsuchverkehr, in Spitzenzeiten fast 1/3!), um Wohn- und Innenstadtquartiere menschenfreundlicher zu gestalten oder dringend benötigten Wohnraum zu schaffen.

11. Strategische Konsequenzen für die Entwicklung von Mobilitätskonzepten, die Mobilitätsinteressen und Klimaziele zusammenbringen

Mobilitätskonzepte können nicht allein unter klimapolitischen Aspekten entwickelt werden, sondern müssen die wesentlichen globalen Trends der Produktivkraftentwicklung (Globale Arbeitsteilung, Industrie- und Wirtschaftsentwicklung, Arbeitskräfteentwicklung ebenso berücksichtigen wie Wohn-, Familien- und kulturelle Bedürfnisse der Menschen (ArbeitnehmerInnen) und einer sozial gerechten (global- wie national gedachten) Verteilung der Kosten und Belastungen des Umbaus der Mobilitätssysteme.

Ein gewichtiger Aspekt sind dabei die Berücksichtigung der Gebrauchswerte von Mobilitätssystemen für deren individuelle Nutzer wie für die Optimierung der notwendigen gesellschaftlichen Mobilitätsanforderungen (Transport von Personen und Gütern).

Unter diesen Aspekten scheiden bestimmte Konzepte als alleinige und prioritäre strategische Umbaukonzepte aus (too little too late):

1. Mobilitätsabsenkung durch Raumkonzepte, die Arbeiten und Wohnen wieder unmittelbar vernetzen. Selbst im günstigsten Fall einer Stadt wie Wolfsburg mit einer eindimensionalen Industriestruktur wäre ein Umbau nicht menschenwürdig: Mehrere Manhattan-Hochhaussiedlungen rund um die VW Fabrik, die Arbeitnehmer/innen direkt aus der Wohnung über Transferbänder in die Fabrik bringen, sind keine Lösung mit den Wohn- und Kulturbedürfnissen der Menschen kompatible Alternative.

Aber selbstredend sind bei allen städtischen Neubauprojekten sinnvolle Raumkonzepte notwendig, die Arbeiten, Wohnen, Bildung, Einkaufen, Freizeit und Kommunikation vernetzen, Mobilitätswolumen sinnvoll begrenzen und neu organisieren: Dezentralisiert

Produktion und Verbrauch von Energie zusammenbringen und ausdifferenzierte Mobilitätsangebote rechtzeitig einplanen – also die räumlich strikten Trennungen von Arbeits-, Wohn-/Schlaf- und Kulturzentren überwinden.

2. Mobilitätsabsenkung durch konsequente Regionalisierung der Produktion von Industriegütern und Lebensmitteln, der Energieversorgung und des Aufbaus regionaler Kultur- und Freizeitzentren – also Reproduktion des alten Dorfes im räumlich und technologisch erweiterten Maßstab, würde mit deutlichen Niveauverlusten heutiger differenzierter Standards der Güterproduktion und des soziokulturellen Austausches von Menschen einhergehen (u.a. realen Reisens statt virtuellen Erlebens der Welt). Große Mobilitätseinsparungen sind hierbei nur über lange Zeiträume realisierbar.

3. Mobilitätsabsenkung durch konsequente Regionalisierung setzt eine hohe Kultur demokratisch geplanten und legitimierten Austausches von Menschen zwischen solchen Regionen voraus und ginge mit erheblichen Freiheitsverlusten einher. (Wäre eine strikte Verordnung, dass am Elternwohntort auch studiert wird, um Wohnfläche und Mobilität einzusparen, wirklich sinnvoll?) Eine marktwirtschaftliche Mobilitätsabsenkung durch hohe Mobilitätspreise würde Mobilitätsungleichverteilung sozial enorm verschärfen. Ein Rückfall in Zeiten, in denen nur Reiche reisen konnten. Oder es werden Mobilitätskontingente sozial gerecht verteilt: Das hingegen würde mit einer weitreichenden Freiheits-, Mobilitätseinschränkung einhergehen.

Sinnvoll unter Mobilitäts-, Klima-, Kosten und Zeitaspekten erscheint deshalb die Konzentration auf solche Strategien, die mit geringsten Kosten- und Zeitaufwendungen heutige Mobilitätsniveaus sichern und CO₂ Emissionen vermindern:

1. Dekarbonisierung des Energieaufwandes für die individuelle und öffentliche Mobilität. Dies erfordert konsequenten Ausbau erneuerbarer Energien und ihrer Verteilungsinfrastruktur, einschließlich des Aufbaus der notwendigen Speichertechnologien.

2. Die technologischen Durchbrüche insbesondere in der Batterietechnologie sowie die ökonomischen Skaleneffekte mit den damit verbundenen weiteren deutlichen Preissenkungen werden die E-Mobilität auch in kurzfristiger Perspektive zur Mainstreamtechnologie auch bei der individuellen Automobilität machen. (Was sie heute schon bei Schienen- und Fahrradverkehren ist). Besonders effektiv erscheint deshalb eine Priorisierung bei der Durchsetzung der automobilen E-Mobilität auf Liefer-, Service- und Montageverkehre in den urbanen Zentren sowie der Pendlerverkehre aus den Regionen in die urbanen Zentren. In diesen beiden großen Mobilitätssektoren ist am einfachsten und schnellsten die notwendige Ladeinfrastruktur aufzubauen (Wallboxen in Eigenheimen; Ladesäulen in Betriebshöfen) und damit hohe klimapolitische Wirkungen zu erzielen.

3. Ausbau der nationalen wie europäischen öffentlichen Fernverkehrssysteme – Harmonisierung der elektrischen Leitungssysteme sowie der Bezahl- und Informationssysteme. Noch immer kann der französische Thalys von Frankfurt oder Köln nicht über die DB-Systeme gebucht werden.

4. Zielgerichteter Ausbau der öffentlichen Mobilitätssysteme in den urbanen Metropolen (Städte und regionale Umgebungen). Digitalisierung der Taktungen, der Informations- und Bezahlssysteme sowie deren gezielte Subventionierung. Schlechte Taktungen, unzureichend abgestimmte Informations- und Bezahlssysteme selbst zwischen benachbarten Verkehrsverbänden, zwischen DB- und privaten Verkehrsträgern erschweren den Umstieg auf ÖPNV Systeme.

5. Vorbereitung nationaler und europäischer Plattformen für die zukünftigen autonomen Mobilitätssysteme (als Alternative zu den privaten digitalen Plattformen von Uber, Google, Amazon etc.). Wenn die heutigen öffentlichen kommunalen/nationalen Verkehrssysteme mit ihren Möglichkeiten demokratischer und sozialer Einflussnahme auf Gestaltung von Preisen und Angeboten erhalten werden soll, dann müssen zügig die gesetzlichen und IT-technischen Voraussetzungen dafür auf europäischer Ebene geschaffen werden. Ansonsten drohen den existierenden kommunalen Verkehrsgesellschaften drastische

Konkurrenzverluste gegenüber den globalen privaten Anbietern individueller/kollektiver Mobilität (RoboTaxis / Shuttle Kleintransporter). Die Gestaltung der digitalen Mobilitätsplattformen nach ökologischen und sozialen Aspekten setzt voraus, dass die Plattformen in öffentlichen Eigentum betrieben werden und demokratischer Kontrolle unterliegen.

Anhang 1:

aus Preisklasse 1 (21 Bahnhöfe – rot) und Preisklasse 2 (87) der Deutschen Bahn (nach Benutzern klassifiziert) nach https://de.wikipedia.org/wiki/Preisklasse#Klasse_1

Liste der nach 1918 neu gebauten Bahnhöfe nach Baujahr

Flughafen BER – Terminal 1-2	2020
Berlin Hauptbahnhof	2006
Berlin Südkreuz	2006
Düsseldorf Flughafen	2000
Kassel-Wilhelmshöhe	1991
Ludwigshafen (Rhein) Hbf	1969
Hanau Hauptbahnhof	1966
Braunschweig Hauptbahnhof	1960
Bochum Hauptbahnhof	1957
Wolfsburg Hauptbahnhof	1957
Berlin Potsdamer Platz	1939

Zweimal Flughafen (Stadttrand); alle anderen ehemals anders genutzte Bahnflächen; einzig der Bochum Hbf. wurde im Zuge des Wiederaufbaus und Neuordnung der Innenstadt auf Nicht-Bahn-Gelände gebaut.

Anhang 2

Interessante Fakten zum Autonomen Fahren:

Allein in Kalifornien testen 60 Firmen Autonome Fahrzeuge (AV - nach dem englischen Autonomous Vehicle) n⁵⁸. Fünf davon vollständig fahrerlos⁵⁹:

- AutoX Technologies - Start-up mit Unterstützung von Alibaba
- Cruise LLC – eine General Motors Tochter
- NURO – ein Start-up, dass sich auf autonome Lieferfahrzeuge spezialisiert, Großinvestor SoftBank aus Japan
- Waymo – die Google „Schwester“
- Zoox (im Juni 2020 von Amazon gekauft)

Während Daimler aus der Planung für ein RoboTaxi ausgestiegen ist. Spannend die Begründung: „Wir treten zu keinem Rennen an, das wir nicht mehr gewinnen können“⁶⁰. (Wäre spannend zu wissen, gegen wen Daimler nicht mehr zu gewinnen können glaubt! Vielleicht ist die Partnerschaft mit Waymo bei autonomen Lösungen für LKW ein Hinweis?) Nicht etwa, weil sie glauben, dass das technisch nicht geht, oder zu lange dauert, bis es dazu ein Geschäftsfeld gibt.

58 <https://www.dmv.ca.gov/portal/news-and-media/dmv-authorizes-zoox-to-test-driverless-vehicles-in-portion-of-foster-city/>

59 <https://www.dmv.ca.gov/portal/vehicle-industry-services/autonomous-vehicles/autonomous-vehicle-testing-permit-holders/>

60 <https://www.rnd.de/wirtschaft/mercedes-gibt-das-autonome-robotertaxi-auf-wir-konnen-das-rennen-nicht-gewinnen-MDFJOQVJCJEDTBBDCTVA5N4EBI.html>

► Tab 1 Eisenbahnen

	Streckenlänge	Lokomotiven	beförderte Personen	geleistete Personenkilometer	beförderte Güter	geleistete Tonnenkilometer
	1 000 km	1 000	Mio.	Mio.	Mio. t	Mrd.
	x0708	x0709	x0710	x0711	x0712	x0713
	Deutscher Bund/Deutsches Reich					
1850	4,8	0,8	13	–	2,8	–
1870	18,3	5,5	113	4,4	69,8	5,3
1880	33,7	10,9	215	6,5	165,2	14,1
1890	41,9	14,2	426	11,2	217,8	22,4
1900	49,9	19,1	857	20,1	360,2	36,9
1913	60,8	29,5	1 798	41,2	676,6	67,5
1925	56,0	28,1	2 168	49,9	442,6	60,2
1929	56,6	24,6	2 041	48,0	528,5	77,0
1937	59,1	21,1	1 874	51,1	496,3	73,0
	Bundesrepublik					
1950	36,9	13,9	1 472	30,3	233,7	48,1
1960	36,3	10,1	1 399	38,4	327,2	64,9
1970	33,7	8,5	1 054	38,1	392,1	86,2
1980	31,5	7,5	1 165	38,9	364,3	66,8
1989	29,8	6,4	1 134	42,0	315,4	63,3
	DDR					
1950	12,9	–	954	18,6	128,5	15,1
1960	16,2	–	943	21,3	237,8	32,9
1970	14,7	5,3	626	17,7	262,9	41,5
1980	14,3	5,7	607	22,0	311,6	56,4
1989	14,0	6,1	592	23,8	339,3	59,0
	Deutschland					
2000	44,7	7,8	2 002	75,0	294,4	76,1

► Tab 4 Straßenverkehr*

	Länge der Fernstraßen	Länge der Autobahnen	Kraftfahrzeuge insgesamt	Personenkraftwagen	Personenkraftwagen	Lastkraftwagen	Motorräder	Unfälle	Getötete	Verletzte
	1 000 km	1 000 km	Mio.		auf 1 000 Einwohner	Mio.		10 000		
	x0732	x0733	x0734	x0735	x0736	x0737	x0738	x0739	x0740	x0741
Deutsches Reich										
1906	-	-	0,02	-	-	-	-	2,3	0,1	1,6
1913	-	-	0,08	0,05	0,7	0,01	0,02	11,8	0,6	6,3
1920	-	-	0,06	0,03	0,5	0,02	0,01	-	-	-
1930	-	-	1,42	0,49	7,5	0,16	0,73	-	-	-
1938	-	3,07	3,24	1,27	18,6	0,37	1,51	2,7	0,7	1,8
Bundesrepublik										
1950	-	-	2,02	0,54	10,8	0,39	0,93	26,1	0,6	15,7
1960	26,90	2,50	8,00	4,49	80,8	0,68	1,89	99,0	1,4	46,6
1970	36,30	4,10	16,97	13,94	229,9	1,03	0,38	139,2	1,9	63,2
1980	39,59	7,29	27,12	23,19	376,7	1,28	0,74	168,6	1,3	60,1
1989	39,82	8,72	34,70	29,76	479,4	1,35	1,38	199,8	0,8	44,9
DDR										
1950	-	-	0,38	0,08	4,1	0,10	1,13	-	0,1	1,2
1960	12,34	1,38	1,43	0,31	18,2	0,13	2,77	-	0,2	4,7
1970	12,42	1,41	2,98	1,17	68,3	0,23	1,76	6,2	0,2	4,6
1980	13,11	1,69	4,61	2,68	160,0	0,35	2,04	6,1	0,2	4,1
1989	13,17	1,85	6,96	3,90	234,7	0,41	2,71	4,8	0,2	4,1
Deutschland										
2000	53,01	11,71	51,36	42,84	521,3	2,53	3,34	235,0	0,8	50,4
2010	-	-	52,29	41,39	506,0	2,39	3,76	241,1	0,4	37,1

* Bis 2007 wurden alle Kraftfahrzeuge gezählt, die in Deutschland vorhanden waren. Ab 2008 werden nur die gezählt, die zum Stichtag zugelassen sind.

Anhang 3

Anmerkungen zum CO₂-Fußabdruck von Batterien bzw. Lithium und BEV

In der Kritik sind BEV häufig wegen des ökologischen Fußabdruckes und sozialer Folgen der für die Batterien notwendigen Rohstoffe. Besonders Lithium und Kobalt stehen in der öffentlichen Kritik. Die Hauptkritikpunkte sind:

Lithium: hoher Wasserverbrauch und Versalzung des Umlandes in Chile (der Abbauort liegt in einem sehr wasserarmen Hochland, das besonders empfindlich ist)

Kobalt: Der Abbau wird vorrangig wegen der Arbeitsbedingungen kritisiert, insbesondere Kinderarbeit.

Lithium kommt nicht vollständig aus Chile, auch nicht „überwiegend“ wie manche Medien berichten. Etwa 17.000t der Jahresförderung von 95.000t kommt aus Chile, das sind etwa 18 % (alle Zahlen 2018).⁶¹

Auch in anderen Regionen wird Lithium durch Eindampfen von Solen in offenen Verdunstungsteichen gewonnen. Das ist preiswert, weil die kostenlose Sonne genutzt wird. Der ökologische Nachteil des relativ hohen Flächen- und Wasserverbrauchs und des Verwehens der Salze ins Umland wird unter Marktbedingungen und fehlender politischer Regulierung im Preis nicht abgebildet.

2018 wurden etwa ein Drittel der Lithiumgewinnung aus Solen geleistet. Etwa zwei Drittel stammen aus Minen, in denen Hartgestein gefördert wird, aus dem Lithium extrahiert wird. Dabei ist Australien der größte Lieferant (2018: 58.800t, entspricht etwa 62%). Diese Art der Lithiumgewinnung erfordert den massiven Einsatz von schwerem Gerät. Entsprechend

61 <https://de.wikipedia.org/wiki/Lithium>

kapitalintensiv sind diese Anlagen und entsprechend hoch ist der CO₂-Fußabdruck dieses Lithiums.

Im Ergebnis ist Lithium – Stand heute – entweder mit großen Umweltschäden oder großem CO₂-Rucksack belastet.

Viele Rohstoffproduzenten und Lithium-Verbraucher suchen daher nach besseren Lösungen. Dabei werden im Wesentlichen zwei Ansätze verfolgt: Die einen wollen Lithium-haltigen Ton (der zum Beispiel im Südwesten der USA in großen Mengen oberflächennah verfügbar ist) nutzen. Tesla verfolgt dieses Konzept⁶².

Eine andere Lithiumressource, die in den letzten Jahren in den Fokus rückt, sind geothermische Solen. Sowohl in den USA als auch unter dem Oberrheingraben existieren riesige Mengen an heißen Solen, die erhebliche Mengen an Lithium enthalten. Abschätzungen in den USA zeigen, dass diese Reserven die Bedarfe für Jahrzehnte decken können⁶³. In Frankreich und Deutschland arbeiten mehrere Firmen an entsprechenden Projekten⁶⁴. Allein das Unternehmen Vulcan Energy besitzt nach eigenen Angaben Lizenzen für Sole mit über 15 Mio. Tonnen Lithiumcarbonatequivalent (entspricht etwa 2,8 Mio. Tonnen reinen Lithiums)⁶⁵. Das Spannende an den geothermischen Soleprojekten ist dabei, dass die Lithiumgewinnung mit der CO₂-freien Gewinnung von Strom kombiniert werden kann. Ursprünglich war unklar, ob diese Projekte preislich im Weltmarkt bestehen können. Eine Machbarkeitsstudie von Vulcan Energy kommt jetzt zu dem Ergebnis, dass ihr Projekt Lithium für Kosten gewinnen kann, die etwa dem halben Weltmarktpreis entsprechen.⁶⁶ Da sowohl die Technologie für geothermische Kraftwerke als auch für direkte Lithiumextraktion aus Solen seit Jahrzehnten erprobt und im Einsatz ist, scheint dieser Weg sicher realisierbar. Neu ist nur die Kombination von beidem.

Um die heutige fast vollständige Abhängigkeit von Lithiumimporten (insbesondere die Verarbeitung der Rohstoffe zu Batteriefähigen Material – die sogenannte Raffinierung – findet heute fast ausschließlich in China statt) zu beseitigen, fördern die USA, die EU und die deutsche Regierung solche Projekte.

In Ergebnis wird (oder würde) in einigen Jahren genug CO₂-neutrales Lithium zur Verfügung stehen, dass auch sonst (Wasserverbrauch, Flächenbedarf, Emissionen) als relativ umweltverträglich gelten kann. Zusätzlich werden Kapazitäten geothermischen Stroms entstehen, die für die Grundlastversorgung einer Energiewende dringend benötigt werden.

Kobalt wird aus Erzen gewonnen, die auch Nickel und Kupfer enthalten. Etwas über die Hälfte der Weltförderung kommen aus der Demokratischen Republik Kongo⁶⁷. Gerade dort herrscht die Förderung in kleinen Minen unter schlechten Arbeitsbedingungen vor (Schätzungen sprechen von zirka 20% handgeschürften Erzes). Kinderarbeit ist häufig. Deswegen gilt Kobalt zurecht als problematischer Werkstoff.

Auch deswegen arbeiten alle Batteriehersteller daran, den Kobaltanteil in den Lithiumionen-Akkus zu reduzieren. In den letzten Jahren ist der Kobaltanteil der Kathoden von etwa 20% auf etwa 5% gesunken. Neueste Batteriechemien kommen ganz ohne Kobalt aus – was schon aus Kostengründen im Interesse der Hersteller ist (früher wurde das teure Kobalt vor allem benötigt, die Zyklenfestigkeit der Batterien zu gewährleisten. Dafür haben sich jetzt andere Methoden als günstiger erwiesen).

Man kann also davon ausgehen, dass das Thema Kobalt für Lithiumionen-Akkus sich in naher Zukunft technisch und ökonomisch erledigt.

62 <https://www.msn.com/de-de/finanzen/top-stories/%C3%BCbernahmepl%C3%A4ne-verworfen-tesla-will-eigenes-lithium-gewinnen/ar-BB19Cyvg>

63 <https://www.necn.com/lx/is-a-proposed-lithium-mine-in-nevada-the-future-of-renewable-energy/2263346/>

64 <https://www.heise.de/news/Lithium-aus-Deutschland-4888700.html>

65 <https://v-er.com/wp-content/uploads/2021/01/Corporate-Presentation-Vulcan-Energy.pdf> Seite 11

66 <https://v-er.com/wp-content/uploads/2021/01/Corporate-Presentation-Vulcan-Energy.pdf> Seite 19

67 <https://de.wikipedia.org/wiki/Cobalt>

Der **CO₂-Fußabdruck des gesamten BEV** steht in der öffentlichen Kritik. Tatsächlich ist durch die mehrere hundert Kilogramm schwere Batterie der Gesamtaufwand (in Klimawirksamen Gasen gemessen) zur Herstellung der heutigen BEV deutlich höher, als bei Autos mit Verbrennungsmotor. Viele Medienberichte stellten dar, dass man (je nach Fahrzeug und Strommix) 80.000 – 150.000 Kilometer fahren müsse, um die zusätzliche CO₂-Last wieder einzusparen (siehe beispielsweise ADAC Untersuchung⁶⁸).

Dazu im Wesentlichen zwei Anmerkungen:

1) Die Herstellung von Batterien wird immer weniger CO₂-lastig. Die Presseberichte waren überwiegend in 2018 und bezogen sich unserer Kenntnis nach alle auf eine Studie des schwedischen Forschungsinstitutes IVL aus 2017. In der wurde der CO₂-Aufwand für Batterien mit 150-200 kg/kWh beziffert. Bereits zwei Jahre später hat IVL die Studie aktualisiert und kommt zum Ergebnis, dass der CO₂-Aufwand auf 61-106 kg/kWh gesunken sei (siehe dazu die Presseerklärung von IVL⁶⁹ oder direkt deren Studie in Englisch⁷⁰). Diese Verbesserung hat kein solches Presseecho ausgelöst, wie die erste Studie. Daher werden in der öffentlichen Debatte oft die alten Zahlen weiter zitiert. Wesentliche Faktoren für die geringeren Lasten sind:

- Nutzung von mehr regenerativ erzeugten Strom bei der Verarbeitung von Vorprodukten und Herstellung der Zellen
- Verbesserung in den Herstellungsprozessen selbst durch Massenproduktion und bessere Auslastung der Anlagen

Beide Effekte werden den CO₂-Fußabdruck von Batterien weiter verbessern. Hinzu kommt, dass neuere Batteriezusammensetzungen zu höheren Energiedichten führen und damit weniger Material verarbeitet werden muss. Außerdem wird die CO₂-Last der Lithiumgewinnung weiter sinken (siehe oben).

2) Ein wesentlicher Faktor für den klimapolitischen Vergleich zwischen Autos mit batterieelektrischen Antrieb und Verbrennungsmotor wird gar nicht berücksichtigt. Autos mit Verbrennungsmotor sind für eine Nutzungsdauer von etwa 250.000 km ausgelegt. Moderne BEV halten aber deutlich länger (vor allem, weil E-Antriebe bautechnisch-bedingt deutlich verschleißärmer sind). Viele Hersteller sprechen von über 1.000.000 km. GM⁷¹ und Tesla sogar von 1 Mio. Meilen (=1,6 Mio. km). Bisher halten die Batterien noch nicht so lange. Wenn auch länger als vielfach kolportiert – eine Studie aus 2018 mit Tesla Model S zeigt, dass die Batterien erst nach 180.000 Meilen, also über 280.000 km, unter 90% der Anfangskapazität fallen⁷². Und das ist 8 Jahre alte Batterietechnik. Batteriehersteller und BEV Hersteller gehen davon aus, dass „bald“ (also in wenigen Jahren) auch Batterien zur Verfügung stehen, die über 1 Mio. Meilen halten^{73, 74, 75}.

Wenn wir also über die CO₂-Bilanz eines Autos reden, sollten wir den gesamten Lebenszyklus betrachten. Und dann sollten wir nicht ein BEV gegen einen Verbrenner vergleichen, sondern einen BEV mit mehreren Verbrennern.

Und dann ist nicht nur der zusätzliche CO₂-Rucksack zu rechtfertigen. Zusätzlich wird pro Kilometer auch der CO₂-Aufwand für das restliche Auto um ein Vielfaches niedriger.

68 <https://mobilitymag.de/vergleich-antriebsformen-adac-umweltstudie/>

69 <https://www.ivl.se/english/ivl/topmenu/press/news-and-press-releases/press-releases/2019-12-04-new-report-on-climate-impact-of-electric-car-batteries.html>

70 <https://www.ivl.se/download/18.34244ba71728fcb3f3faf9/1591706083170/C444.pdf>

71 <https://electrek.co/2020/01/21/gm-cruise-origin-self-driving-electric-car-ride-sharing/>

72 <https://www.techspot.com/news/74161-tesla-batteries-retain-more-than-90-capacity-past.html>

73 <https://www.bbc.com/news/technology-52966178>

74 <https://www.newsweek.com/tesla-elon-musk-one-million-mile-battery-ready-produce-chinese-partner-catl-says-1509293>

75 <https://www.reuters.com/article/us-gm-batteries-idUSKBN22V2FS>